VI 387

Die

physikalischen Axiome

und ihre

Beziehung zum Causalprincip.

Ein Capitel

aus einer

Philosophie der Naturwissenschaften.

Von

Dr. Wilhelm Wundt,

Professor an der Universität zu Heidelberg.

Erlangen,

Verlag von Ferdinand Enke.

1866.

The person charging this material is responsible for its return to the library from which it was withdrawn on or before the **Latest Date** stamped below.

Theft, mutilation, and underlining of books are reasons for disciplinary action and may result in dismissal from the University.

To renew call Telephone Center, 333-8400

UNIVERSITY OF ILLINOIS LIBRARY AT URBANA-CHAMPAIGN

4 1987

MAY 1 4 1987

L161—O-1096

Die

physikalischen Axiome

und ihre

Beziehung zum Causalprincip.

Ein Capitel

aus einer

Philosophie der Naturwissenschaften.

Von

Dr. Wilhelm Wundt,

Professor an der Universität zu Heidelberg.

Erlangen,
Verlag von Ferdinand Enke.
1866.

Druck von Junge & Sohn in Erlangen.

530.1
W96p
30 May 28 Jan
REMOTE STORAGE

Vorwort.

Indem der Verfasser die nachfolgende Arbeit als ein Capitel aus einer Philosophie der Naturwissenschaften bezeichnet, wünscht er anzudeuten, es möge bei der Beurtheilung derselben berücksichtigt werden, dass sie sich mit einem Zweig der Physik beschäftigt, der als ein Ganzes für sich kaum erschöpfend behandelt werden konnte. Die Beziehungen, die sich nach verschiedenen Seiten hin darboten, durften oft nur andeutungsweise berührt werden, sollte die Schrift nicht zu einem Umfang erwachsen, der sie ihrem eigentlichen Thema entfremdet hätte.

Von diesem Gesichtspunkt aus möchte ich namentlich die beiden Abschnitte über das Causalgesetz und über den Satz vom zureichenden Grunde beurtheilt sehen. In einer vollständigen Philosophie der Physik würde das Causalprincip eine weit umfassendere Bearbeitung, insbesondere auch nach historischer und kritischer Seite hin, erfahren müssen; hier suchte ich hauptsächlich nur das für den nächsten Gegenstand Erforderliche hervorzuheben.

Was über die Entwicklungsgeschichte der einzelnen Axiome ausgeführt ist, tritt keineswegs mit dem Anspruch historischer Vollständigkeit auf. Für eine philosophische Erörterung wissenschaftlicher Sätze schien es mir viel mehr geboten zu sein die

571720

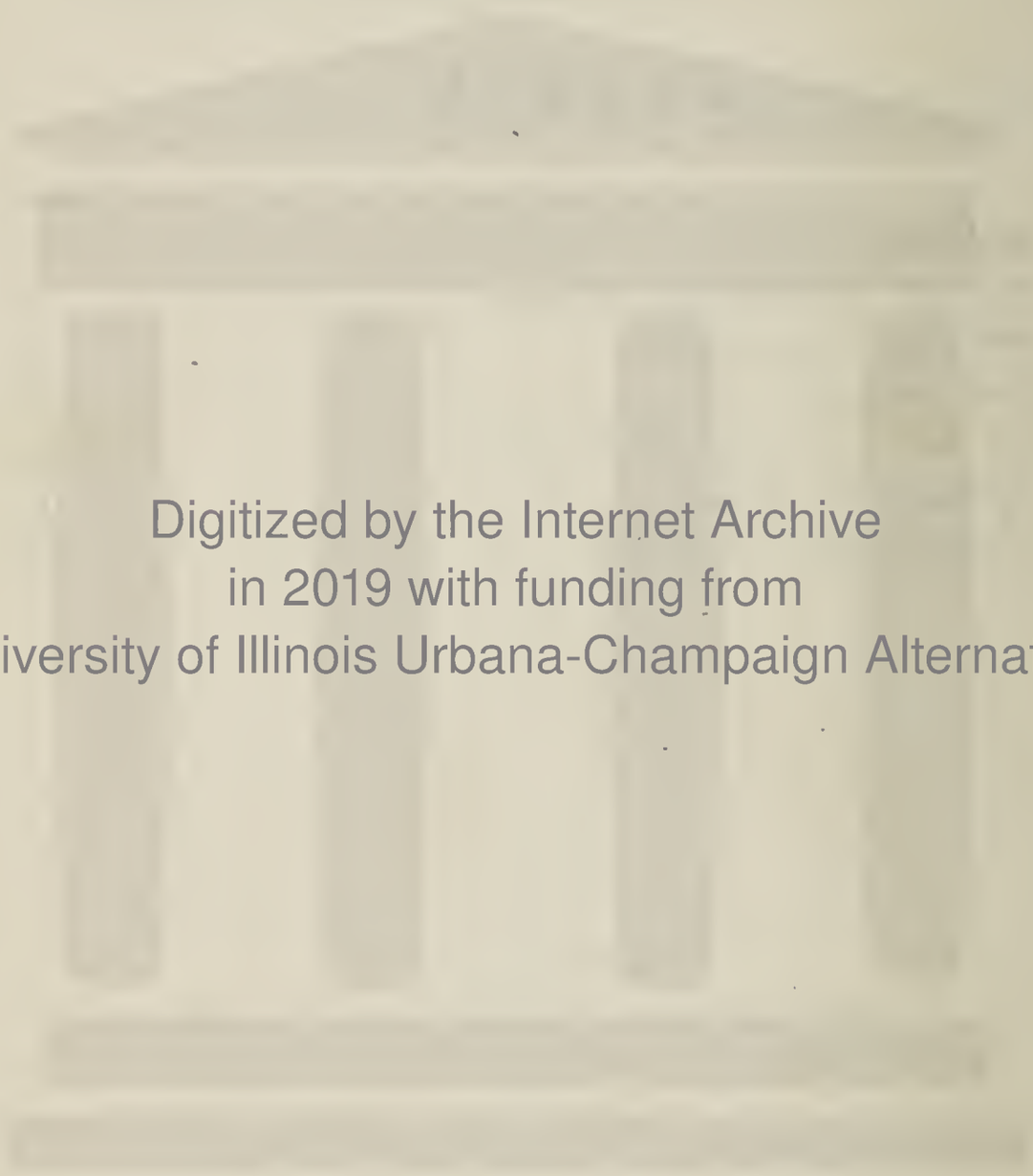
Entwicklung der Begriffe an einzelnen hervorragenden Beispielen zu zeichnen als derselben auf alle die Nebenwege zu folgen, die der Sorgfalt des Geschichtschreibers nicht entgehen dürfen. Aber ich hätte in dieser Beziehung vielleicht eher um Entschuldigung zu bitten, dass ich das Abirren auf solche Nebenwege nicht noch mehr vermieden habe, als es geschehen ist.

Heidelberg, 30. September 1866.

W. Wundt.

Inhalt.

		Seite
I.	Einleitung	1
II.	Die sechs physikalischen Axiome	6
III.	Ontologische Antinomieen	78
IV.	Das Causalgesetz	88
V.	Der Satz vom zureichenden Grunde	108
VI.	Deduction der Axiome	115
VII.	Zusammenhang der Axiome	133



Digitized by the Internet Archive
in 2019 with funding from
University of Illinois Urbana-Champaign Alternates

https://archive.org/details/diephysikalische00wund

I. Einleitung.

In jeder deductiven Wissenschaft giebt es eine Anzahl allgemeiner Wahrheiten, die nicht mehr aus andern, derselben Wissenschaft angehörigen Sätzen abgeleitet werden können, und die man daher als oberste Sätze oder Axiome bezeichnet.

Die hierin ausgesprochene Definition ist die einzige, die sich geben lässt, ohne der besondern Untersuchung vorauszugreifen. Es liegt schon im Wesen einer deductiven Wissenschaft, dass sie auf Axiome in dem angegebenen Sinne gegründet sein müsse. Dagegen werden über die Entstehung der Axiome um so eher widerstreitende Ansichten herrschen, als für die allgemeinsten Wahrheiten der verschiedenen Wissenschaften vielleicht verschiedene Formen der Begründung gesucht werden müssen, sowie auch der Begriff des Axioms keineswegs ausschliesst, dass abgeleitete Sätze einer Wissenschaft in einer andern als oberste Sätze auftreten, oder dass mehrere Axiome sich wechselweise bedingen können.

Neben den Axiomen sind Definitionen zum Aufbau einer deductiven Wissenschaft erforderlich. Durch die letzteren werden die Begriffe bestimmt, mit welchen die betreffende Wissenschaft sich beschäftigt. So werden durch die Definitionen der Geometrie die Begriffe des Punktes, der Linie, der Fläche, des Kreises u. s. w. festgestellt. Diese Begriffe für sich bringen das Denken in keine Bewegung; sie bedürfen dazu der Axiome. Die Axiome, welche die Geometrie braucht, sind theils der allgemeinen Grössenlehre entnommen, wie die Sätze: zwei Dinge, die einem und demselben Ding gleich sind, sind auch unter sich gleich, Gleiches zu Gleichem giebt Gleiches; theils sind sie rein geometrisch, z. B. zwei gerade Linien schliessen keinen Raum ein, zwei Linien, die einer dritten parallel sind, sind auch unter sich parallel; die letzteren Axiome setzen selbst schon geometrische Definitionen voraus.

Die Elemente des Euklid geben für die Entwicklung der einzelnen Sätze einer deductiven Wissenschaft aus Axiomen und Definitionen ein noch immer unübertroffenes Beispiel. Jede deductive Wissenschaft aber kann wie die Geometrie aus Definitionen und Axiomen entwickelt werden. Die deductive Theorie der Lichterscheinungen z. B. geht aus von der Definition: „Das Licht ist eine periodische transversale Schwingungsbewegung.“ Aus dieser und einigen sie ergänzenden Begriffsbestimmungen lässt die ganze Optik sich ableiten, indem man gewisse axiomatische Sätze der Mechanik hinzunimmt.

Aber diese Entwicklung aus Axiomen und Definitionen ist bis jetzt nur in wenigen Theilen der Physik gebräuchlich, und selbst wo man sich der deductiven Methode bedient, ist man nicht gewohnt, nach dem Vorbild der Geometrie bestimmte Sätze als axiomatische Wahrheiten von den abgeleiteten Sätzen zu sondern. Manche Physiker würden vielleicht in Verlegenheit gerathen, wenn man sie aufforderte, Axiome aus ihrer Wissenschaft mitzutheilen. Der Grund dieser auffallenden Thatsache liegt ohne Zweifel darin, dass die Physik noch nicht nach deductiver Methode in einen systematischen Zusammenhang gebracht ist. Die physikalischen Betrachtungen gehen häufig von einzelnen Erscheinungen aus, die zufällig besonders in die Sinne fallen; die physikalischen Definitionen erfassen daher die Erscheinungen meistens nicht in ihrer objectiven Unabhängigkeit, sondern in ihrer Beziehung zu unserer Empfindung und Wahrnehmung, und manche physikalische Axiome bleiben unter einer Menge abgeleiteter Sätze verborgen.

Doch ist die Einsicht, dass die Physik — nicht bloss, wie bisher, in einzelnen Zweigen, sondern in ihrem ganzen Zusammenhang — dem Uebergang aus einer inductiven in eine deductive Wissenschaft nahe sei, gegenwärtig eine sehr verbreitete geworden. Man pflegt diese Einsicht in der Form einer Forderung auszudrücken, indem man sagt, die Physik müsse sich zu einer angewandten Mechanik entwickeln. Hierin liegt aber zugleich die Behauptung, dass die Axiome der Physik mit denjenigen der Mechanik identisch seien. In der That gilt, wie wir sehen werden, diese Identität für alle physikalischen Axiome mit Ausnahme eines einzigen, welches eben jene Behauptung, die Physik sei eine angewandte Mechanik, nur in etwas anderer Form ausspricht. Dass wir aber neben diesem einzigen auch die eigentlich mechanischen Grundsätze unter den physikalischen Axiomen aufführen, dies lässt sich dadurch rechtfertigen, dass

man die Mechanik wohl mit grösserem Rechte den allgemeinen Theil der Physik, als die Physik eine angewandte Mechanik nennen kann. Denn die Gesetze der Mechanik sind ausschliesslich aus physikalischen Erscheinungen abstrahirt, und die Physik (in ihrem weitesten Sinn genommen) ist die einzige Wissenschaft, auf die jene Gesetze ihre Anwendung finden. Es muss jedoch hervorgehoben werden, dass auch in der Mechanik, obgleich dieselbe längst eine deductive Wissenschaft ist, doch keineswegs wie in der Geometrie alle Axiome als solche an die Spitze der Betrachtung gestellt werden, sondern einige sind stillschweigend vorausgesetzt, andere ergeben sich anscheinend als abgeleitete Sätze. Letzteres ist deshalb möglich, weil, wie wir bemerkt haben, eine coordinirte Zusammengehörigkeit nicht gegen den Begriff des Axioms verstösst. Sobald wir aber aus einem Satz einen andern entwickeln können, der, wenn wir ihn zum Ausgangspunkt der Deduction nehmen, selber den ersten als Folgerung ergiebt, so sind beide Sätze sich coordinirt, und wenn der eine ein Axiom ist, so muss der andere mit demselben Rechte als Axiom bezeichnet werden. In mechanischen Untersuchungen, in denen man stets aus möglichst wenig Grundsätzen seine Folgerungen zu ziehen bestrebt ist, mag es zulässig sein, solche coordinirte Axiome als abgeleitete Sätze anzusehen, denn sie sind es wirklich bei dem gewählten Ausgangspunkt der Betrachtung. Die philosophische Untersuchung der wissenschaftlichen Principien darf aber nicht durch den zufälligen, wenn auch noch so zweckmässigen, Weg der Deduction sich bestimmen lassen.

Man kann die Frage aufwerfen, warum die Physik, da doch ihre Axiome längst schon gefunden sind, wenn man sie auch nicht geordnet neben einander gestellt hat, dennoch in ihrem ganzen Aufbau bis zum heutigen Tage so sehr inductiv geblieben sei, dass die Eintheilung der einzelnen physikalischen Gebiete nach den besonders sinnenfälligen Eigenschaften und Erscheinungen der Materie, wie Schwere, Schall, Wärme, Licht, Elektricität, nur die allerersten Ausgangspunkte der Induction bezeichnet. Diese Frage findet ihre Erledigung gerade darin, dass die Axiome für sich nicht zum Aufbau einer deductiven Wissenschaft genügen, sondern ausserdem noch eine vollständige Tafel der Definitionen erfordern. Die Mechanik befindet sich nun in dem glücklichen Fall, dass sie ausser denjenigen Definitionen, die sie aus der Geometrie herübernimmt, nur noch einer kleinen Zahl ihr eigenthümlicher Definitionen bedarf. Es sind dies die Definitionen

der Bewegung. Mit den Begriffsbestimmungen der Bewegung überhaupt, der gleichförmigen, der gleichförmig veränderlichen und der ungleichförmig veränderlichen Bewegung ist streng genommen Alles erschöpft, was die Mechanik ausser den Axiomen zu ihrer Grundlegung nöthig hat. Einige andere Definitionen, die in der Mechanik häufig vorkommen, wie die Bestimmung des Begriffs der Elasticität, der Festigkeit, der Aggregatzustände u. s. w. gehören eigentlich der Physik an, sie werden nur aufgenommen, weil man die Mechanik nicht streng von ihren Anwendungen zu trennen pflegt. Einer sehr grossen Anzahl einzelner Definitionen bedarf dagegen die Physik. Jede Erscheinung muss genau definirt sein, ehe wir die Mechanik auf sie anwenden können. Die Hauptarbeit der physikalischen Untersuchung besteht daher darin, richtige Definitionen zu finden. Diese Arbeit ist aber noch keineswegs zur Befriedigung erledigt. Wenn der Physiker für jede fundamentale Erscheinung eine Definition giebt, so darf man sich dadurch nicht irre machen lassen. Gerade die provisorischen Definitionen haben eine grosse Bedeutung für die Ausbildung der Wissenschaft. Schon die erste Definition, deren die Physik bedarf, die Definition der Materie, ist noch immer eine provisorische. Die Definitionen der elektrischen Erscheinungen wird schwerlich irgend ein Physiker für mehr als provisorische erklären, die meisten halten sie sogar im wesentlichen für falsch. In andern Fällen haben wir zwar allen Grund eine Definition für die richtige zu nehmen, aber sie ist noch zu wenig bestimmt, als dass sie völlig abgeschlossen sein könnte. Dies gilt z. B. von jener Definition, welche die neuere mechanische Wärmetheorie von der Wärme aufstellt. In dem gegenwärtigen Zustand der Physik giebt sich diese Thatsache, dass der eine der zur deductiven Ausbildung erforderlichen Factoren vollständig, der andere gar nicht oder nur unvollständig gegeben ist, deutlich zu erkennen. Der Vorrath der Axiome drängt zur Aufstellung provisorischer, zunächst nur den einzelnen Gruppen der Erscheinungen angepasster Definitionen, aus denen dann mit Hülfe der Axiome die besondern Erscheinungen entwickelt werden. So ist jeder einzelne Zweig deductiv ausgebildet, dem Ganzen fehlt aber der deductive Zusammenhang.

Die Axiome bedurften zu ihrer Auffindung bei weitem nicht des ganzen Gebiets von Erfahrungen, auf welches sie sich anwenden lassen. Um sie festzustellen, genügten die einfachsten Erscheinungen, deren Zusammenhang am offensten vor Augen liegt. So sind die meisten physikalischen Axiome abstrahirt aus

den Erscheinungen der Schwere. Nachdem aber hier die Axiome gefunden sind, treten wir jedem andern Erscheinungsgebiet sogleich mit dem Postulat der nämlichen Axiome gegenüber. Die Allgemeinheit der Axiome ist es also, in der ebenso ihre frühe Auffindung wie ihre unbedingte Anwendung wurzelt. Doch mit dieser Allgemeinheit verbinden alle axiomatischen Sätze einen Grad von Gewissheit, der uns leicht veranlasst, denselben einen Ursprung jenseits der Erfahrung zuzuschreiben. Wir sind geneigt zu behaupten, das Gegentheil der Axiome sei uns undenkbar. In Bezug auf die Definitionen, die sichtlich aus Erfahrungen entnommene oder den Erfahrungen angepasste Sätze sind, wird uns eine derartige Behauptung nicht so leicht in den Sinn kommen. Für eine philosophische Untersuchung der naturwissenschaftlichen Principien ist daher die Frage nach der Begründung der physikalischen Axiome von der grössten Wichtigkeit. Diese Frage ist es, die uns hauptsächlich beschäftigen wird.

II. Die sechs physikalischen Axiome.

Wenn wir den Begriff der Axiome in dem zu Anfang gegebenen, der Frage nach ihrer Begründung noch nicht vorausgreifenden Sinne fassen, so lassen sich, wie ich glaube, folgende sechs Axiome bezeichnen, die das Fundament bilden für das Gebäude der gesammten physikalischen Wissenschaften:

1) Alle Ursachen in der Natur sind Bewegungsursachen.

2) Jede Bewegungsursache liegt ausserhalb des Bewegten.

3) Alle Bewegungsursachen wirken in der Richtung der geraden Verbindungslinie ihres Ausgangs- und Angriffspunktes.

4) Die Wirkung jeder Ursache verharrt.

5) Jeder Wirkung entspricht eine ihr gleiche Gegenwirkung.

6) Jede Wirkung ist aequivalent ihrer Ursache.

Wir wollen zunächst diese Sätze einzeln einer eingehenderen Betrachtung unterwerfen, indem wir namentlich die ein mannigfaches Interesse darbietende Geschichte ihrer Auffindung berücksichtigen. Der Verlauf unserer Erörterungen wird zugleich die Rechtfertigung dafür enthalten, dass wir für mehrere Axiome eine von der gewöhnlich gebrauchten etwas abweichende Form des Ausdrucks gewählt haben.

Erstes Axiom.

Alle Ursachen in der Natur sind Bewegungsursachen.

Das Axiom stellt die Forderung auf, dass, wo wir Veränderungen in der Natur beobachten, diese auf Ortsveränderungen des Gegebenen zurückgeführt werden müssen. Wenn dies nun für jene Fälle, wo die Veränderung darin besteht, dass ein Körper als Ganzes seine Lage im Raum wechselt, keine Schwierigkeit hat, sondern schon der unmittelbaren Anschauung einleuchtend

ist, so widerstreitet diese dagegen in allen jenen Fällen dem Axiom, wo wir es mit einer Veränderung der so genannten qualitativen Beschaffenheit der Körper zu thun haben. Wenn ein Körper seine Härte, seine Farbe oder irgend ein anderes seiner qualitativen Merkmale ändert, so ist dabei von Bewegung nichts wahrzunehmen. Der unmittelbaren Anschauung erscheint jeder Körper als eine Summe wechselnder Qualitäten, und die Wissenschaft hat Jahrtausende gekämpft, bis sie dazu gelangt war, die Realität der qualitativen Veränderung zu leugnen.

Mit dem Problem der Veränderung beginnt die Speculation der frühesten griechischen Naturphilosophen.

„Von ihnen", berichtet Aristoteles, „haben die Meisten nur in den materiellen Principien die Principien alles Seins gefunden: Denn dasjenige, woraus alles Seiende ist, das Erste, woraus es entsteht, das Letzte, worin es beim Vergehen zurückkehrt, dasjenige, was als Substanz verharrt und nur in seinen Affectionen sich ändert — das ist, sagen sie, Grundelement und Princip des Seienden; sie sind darum auch der Ansicht, dass nichts entstehe und nichts vergehe, indem eine Natursubstanz der eben bezeichneten Art sich immer bleibend erhalte." Er führt dann weiter an, wie Thales das Wasser, Anaximenes und Diogenes die Luft, Hippesos und Herakleitos das Feuer zum Princip aller Dinge gemacht hätten, und wie endlich Empedokles zuerst vier Elemente aufgestellt habe, indem er zu den genannten noch die Erde hinzufügt. „Diese vier, sagte er, beharrten immer, und hätten ein Werden nur insofern, als sie je nach der Vielheit und Wenigkeit der Theile zur Einheit sich verbänden, und aus der Einheit aus einander träten. Anaxagoras endlich der Klazomenier, dem Alter nach früher als Empedokles, seinen Thaten nach später, nahm unendlich viele Principien an, denn alles aus gleichartigen Bestandtheilen zusammengesetzte, wie Wasser und Feuer, liess er nur durch Vereinigung und Scheidung entstehen, ein anderes Entstehen und Vergehen, meinte er, komme ihm nicht zu, sondern vielmehr eine ewige Dauer" *).

Jeder dieser Philosophen geht somit von dem Glauben an die Unvergänglichkeit des Stoffs aus. Da aber die qualitative Veränderung als gegebene Thatsache betrachtet wird, so bleibt nur übrig, den zu Grund liegenden unvergänglichen Stoff als in fortwährenden qualitativen Veränderungen begriffen auf-

*) Aristoteles Metaphysik I. 3.

zufassen. Dieser Grundstoff kann ein einziger sein, oder es können mehrere Grundstoffe angenommen werden. Sobald man aber eine Mehrheit von Grundstoffen aufstellt, so liegt ein Gedanke nahe, der den Begriff des Elements einer wesentlichen Umwandlung entgegenführt, der Gedanke nämlich, dass die qualitative Veränderung nicht aus der Metamorphose der Elemente, sondern aus einer Mischungsänderung derselben seinen Ursprung nehme. Dieser Gedanke ist bei Empedokles und Anaxagoras unverkennbar schon vorhanden, und wir sehen so den Anlass zu einer in der Geschichte der Physik äusserst wichtigen Begriffsscheidung gegeben. Der Begriff der Elemente trennt sich in denjenigen der Seinselemente oder Principien und in denjenigen der Mischungselemente oder Bestandtheile. Die ganze weitere Bearbeitung, die das Problem der Veränderung erfährt, dreht sich um diese Wechselbegriffe, die fortwährend im Denken ineinanderfliessen.

Zunächst lag es nahe, von den unendlich vielen Homoiomerieen des Anaxagores aus wieder einen Schritt rückwärts zu gehen und, die Annahme eines einzigen Grundstoffs mit der Voraussetzung der qualitativen Unveränderlichkeit verbindend, alle Unterschiede auf solche der Gestalt, Ordnung und Lage, mit einem Wort auf räumliche Beziehungen zurückzuführen. Diesen Schritt haben die Atomistiker gethan, welche das Existirende aus dem Stoff nach gleichartigen, ihrer Form und Grösse nach aber verschiedenen Atomen zusammengesetzt annahmen. Diese Atome sind in fortwährenden Bewegungen begriffen, weil sich durch Bewegungen allein der Wechsel der Erscheinungen erklären lasse, die Atome sind daher durch leere Räume von einander getrennt. Die Atomistiker haben sonach zuerst von der qualitativen Eigenthümlichkeit der Elemente vollständig abstrahirt. Für die nie klar vollzogene Trennung jener Wechselbegriffe von Seinselementen und Mischungselementen ist es übrigens bezeichnend, dass, wie Aristoteles sagt, Leucipp und Demokrit das Seiende und das Nichtseiende (den leeren Raum) als Elemente aufführten. „Aus diesem Grunde“, fährt Aristoteles fort, „behaupten sie auch, das Seiende sei nicht mehr als das Nichtseiende, weil auch das Leere nicht mehr sei als der Körper. Jenen Elementen geben sie die Bedeutung materieller Principien. Und wie Diejenigen, welche eine Grundsubstanz annahmen, das Uebrige als Affection dieser Substanz ansahen und so erklärten, indem sie aus Verdünnung und Verdichtung die wechselnden Gestaltungen ableiteten, so

machten auch diese die Unterschiede (der Gestalt, Ordnung und Lage) zu Ursachen des Uebrigen“ *).

Man wird in der Gegenwart leicht geneigt sein, den Ansichten der Atomistiker einen höheren Werth beizulegen, als sie verdienen, weil man sogleich die Verwandtschaft dieser Ansichten mit derjenigen Theorie der Materie, welche die moderne Physik giebt, herausfühlt und dabei übersieht, dass zwischen ihnen noch eine gewaltige Kluft ist. Den alten Atomistikern fehlte der Begriff der Ursache, es blieb ihnen daher nichts übrig, als die Materie zufällig oder nach Anleitung einer willkürlichen Maxime, wie solche z. B. in dem Satze lag, dass Gleiches sich zum Gleichen geselle, aus Atomen und leeren Räumen zu formen, der modernen Physik besteht der Körper aus Atomen, die mit Kräften begabt sind, und die Atome selbst haben nur als die Träger der Bewegungsursachen eine Bedeutung.

Jenes Ineinanderfliessen der Principien des Seins und der Stoffelemente wird für unsern heutigen Standpunkt, um so unbegreiflicher, je mehr die Principien von der Identität oder Aehnlichkeit mit einzelnen sinnlich wahrnehmbaren Stoffen sich entfernen, und leicht glauben wir dann eine bloss symbolische Ausdrucksweise vor uns zu sehen, wo die Alten selbst sicherlich an eine solche noch nicht gedacht haben; denn es scheint uns beinahe unfassbar, dass man früher abstracte Begriffe bilden, als dieselben von sinnlichen Vorstellungen unterscheiden lernte. Die Lehrmeinungen der Pythagoräer liefern uns aber hiefür den augenfälligen Beweis. Von ihnen sagt Aristoteles, sie hätten die Zahl als Princip und zwar gleichfalls als materielles Princip des Seienden angesehen. „Sie glaubten in den Zahlen viele Aehnlichkeit mit dem Seienden und Werdenden zu erblicken, mehr als im Feuer, in der Erde und im Wasser.“ Die Pythagoräer, bemerkt er weiter, „haben die Aenderung angebracht, dass sie das Begrenzte, das Unendliche und das Eins nicht mehr gewissen andern Naturen als Eigenschaft beilegten, wie z. B. dem Feuer, der Erde und ähnlichen Elementen, sondern dass sie das Unendliche selbst und das Eins selbst für das Wesen dessen erklärten, wovon sie ausgesagt würden, und eben damit die Zahl zum Wesen aller Dinge machten“ **). Ausdrücklich versichert er mehr-

*) Aristoteles Metaphysik I. 4. Vgl. a. Physik I. 5.

**) Metaphysik I. 5.

fach, die Pythagoräer liessen die Dinge selbst Zahlen sein*). Bekanntlich hat erst die Sokratisch-Platonische Philosophie die Unterscheidung der Begriffe von den Sinnendingen vollzogen; indem sie aber zugleich die Begriffe, deren intuitive Entstehung sie lehrte, als einzige Objecte des Denkens gelten liess, liegen ihre besonderen Entwickelungen grossentheils ausserhalb der Fragen, die uns hier beschäftigen. Die einzige naturphilosophische Schrift Plato's, der Timäos, schliesst sich an die kosmologischen Ansichten der Pythagoräer an, steht aber bereits auf der Grenze bewusster Symbolik. Wenn Plato hier, wie sich Aristoteles ausdrückt, zwei Principien, ein begriffliches und ein materielles annimmt, als deren Vermittlerin die Zahl erscheint**), so liegt eben in der Aufstellung jenes begrifflichen Princips der grosse Gegensatz zu den früheren Naturphilosophen, die, wo bei ihnen von mehreren Principien die Rede war, nur eine Verschiedenartigkeit des Stoffs im Sinne hatten. Aber die Platonische Naturphilosophie construirte die Natur aus den Ideen und der Materie im Wesentlichen nicht anders, als wie etwa die Atomistiker ihre Körper aus Atomen und leeren Räumen gemischt hatten. Die Platoniker, bemerkt Aristoteles treffend, „begiengen den Fehler, dass sie, indem sie die Ursachen der Sinnendinge aufsuchten, andere an Zahl ihnen gleiche Wesen hinzufügten, gerade wie Einer, der zählen will, dies aber nicht thun zu können glaubt, so lange es der zu zählenden Dinge wenige sind, und der dieselben erst vervielfacht, ehe er zählt“ ***). Aristoteles vergleicht in dieser Beziehung die Ideenlehre mit jenen Principien der Naturphilosophen, die, wie die *φιλία* und das *νεῖκος* des Empedokles oder der *νοῦς* des Anaxagoras, neben den materiellen Principien herliefen und bloss als zufällige Ausgangspunkte der Bewegung dienten, ohne dass um ihretwillen etwas existire oder werde. Auch die Ideen erklären nicht die Existenz der materiellen Dinge, weil ja die Materie neben ihnen als gegeben angenommen wird, oder sie erklären dieselbe nur „gewissermassen, indem sie gewissermassen das Gute zur Ursache machen,“ †) d. h. sie stellen einen Zweckgrund, nicht aber einen Causalgrund für die Dinge

---

*) *οἱ δ' ἀριθμοὺς εἶναί φασιν αὐτὰ τὰ πράγματα.* Metaphysik I. 6, 11. Physik III. 4, 4.

**) Metaphysik I. 6, 15.

***) Metaphysik I. 9, 1.

†) Ebendas. I. 7, 9.

auf. „Trotzdem, dass die Ideen existiren, werden die Einzeldinge doch nicht, wenn keine bewegende Ursache hinzukommt; und umgekehrt entsteht Vieles, z. B. ein Haus, ein Ring, wofür wir keine Idee annehmen“ *). In dieser harten Kritik, der Aristoteles die Ideenlehre unterzieht, ist wohl die grosse Wichtigkeit, welche dieselbe durch die Aufstellung und consequente Durchführung des Zweckbegriffes hat, nicht gebührend gewürdigt, aber treffend ist geschildert, wie jene Lehre vor Allem an den Begriffen der Bewegung und Veränderung völlig scheitert und diese Hauptprobleme der Physik ungelöst zur Seite liegen lässt. Plato besitzt allerdings neben dem Zweckbegriff noch einen weiteren Causalbegriff, er gibt ausdrücklich die Elemente der Naturphilosophen als eine Art secundärer Ursachen zu. Wie jenen gilt ihm das ruhende Sein, der Stoff vor seiner Gestaltung, als Ursache, die er aber dem Zweck, der gestaltenden Ursache, unterordnet. „Wir müssen“, heisst es im Timäos, „beide Gattungen von Ursachen angeben, doch diejenigen, welche mit Verstand Urheber des Schönen und Guten sind, von denjenigen unterscheiden, welche eben stets ohne Ueberlegung regellos das Zufällige bewirken“ **). Von dem physikalischen Causalbegriff aber blieb Plato entfernt. Wenn er sagt: „alles Entstehen ist ohne Ursache unmöglich“ ***), so hat er nur den Zweck als Ursache im Auge.

Aristoteles findet an den Lehren seiner Vorgänger dies eine berechtigt, dass sie sämmtlich die Gegensätze zu Principien machen; dies gilt auch von den Naturphilosophen, die aus Verdünnungen und Verdichtungen eines einzigen Grundstoffs die Unterschiede der Körper erklären, sowie von den Atomistikern, die sich dazu der Gegensätze des Körperhaften und Leeren und der Richtungen des Raumes bedienen †). Aristoteles bemerkt mit Recht, diese beiden Ansichten seien überhaupt nicht so weit von einander verschieden, als es scheine, indem beide die Verschiedenheiten des Stoffs eigentlich bloss auf quantitative Gegensätze zurückführten ††). „Alle Bisherigen“ sagt er, „verstehen unter Element einen Körper, in welchen die übrigen Körper zer-

*) Metaphysik I. 9, 23.
**) Timäos 16, 46.
***) Ebend. 5, 28.
†) Physik I. 5.
††) De coelo III. 5.

legt werden können, als in einen in ihnen potentiell oder actuell enthaltenen, in welcher aber von diesen beiden Weisen, ist noch streitig" *). Jene vier Elemente des Empedokles oder die Atome des Demokrit sind actuelle Elemente, wahre Mischungsbestandtheile der Körper, während alle Diejenigen, die eine qualitative Veränderung des Stoffs statuiren, nur potentielle Elemente im Sinne haben können. Aristoteles stellt sich auf die letztere Seite. Er verwirft die blosse Mischung aus Gegensätzen. Die Gegensätze können nicht das Wesen des Seienden sein; denn sie sind ja blosse Prädicate eines zu Grunde liegenden Subjects, man müsste also den Gegensätzen noch ein anderweitiges Substantielles unterlegen, und dann wäre eben dieses das Princip **). Dieser Einwand gegen die Ableugnung der qualitativen Veränderung ist höchst charakteristisch. Aus dem logischen Satz, dass die Prädicate nicht vor ihrem Subject gedacht werden können, leitet Aristoteles den physikalischen Satz ab, dass der Stoff als Substanz früher als seine qualitativen Bestimmungen gegeben sein müsse; jene Mischungstheorie der früheren Physiker gilt ihm also nicht bloss als ein Widerspruch gegen die Wahrnehmung, sondern vor allem als ein Widerspruch im Denken.

Weiterhin verwirft Aristoteles die Meinung derjenigen, die unendlich viele materielle Principien annehmen. Die Principien sind Gattungsbegriffe. „Nicht jedes Gleichtheilige", sagt er, „ist Element, sondern nur dasjenige, welches nicht mehr in Anderes der Art nach verschiedenes getheilt werden kann." Wir müssen hier gleich den Mathematikern verfahren, welche ebenfalls alle ihre Objecte auf möglichst wenige Principien zurückführen ***). Andererseits muss es aber auch mehr als ein einziges Princip geben, weil sonst, wie wir oben schon angedeutet, alle Gegensätze der Körper auf quantitative Unterschiede jenes einen Elementes zurückgeführt werden müssten, alle Dinge wären dann nur relativ unterschieden, „wir könnten nicht mehr schlechthin das Eine Feuer, das Andere Wasser, ein Drittes Luft nennen" d. h. die qualitative Mannigfaltigkeit des Stoffs bliebe unerklärt †).

Nachdem so die materiellen Principien auf eine möglichst

---

*) De coelo III. 3.
**) Physik I. 6.
***) De coelo III. 4.
†) Ebend. III. 5.

kleine Zahl begrenzt sind und zugleich der Begriff des Gegensatzes als maassgebend für dieselben festgestellt ist, schränkt sie Aristoteles weiterhin noch dadurch ein, dass er nur die unmittelbar sinnlichwahrnehmbaren, also tastbaren Gegensätze als fähig zur Bestimmung der Elemente erklärt. Unter dem Tastbaren sind aber die Hauptgegensatzpaare, diejenigen nämlich, die wechselseitiger Einwirkungen fähig sind, das Warme und Kalte, das Trockne und Flüssige *). Diese vier Gegensätze lassen wieder vier Paarungen zu (da nämlich die Gegensätze warm und kalt, trocken und flüssig nicht combinirt werden können), und so entstehen dann die bekannten vier Elemente: Feuer (warm und trocken), Luft (warm und flüssig, Wasser (kalt und flüssig), Erde (kalt und trocken) **). Diese vier Elemente können sich in einander umwandeln, indem entweder eines der Gegensatzpaare, aus denen sie gebildet sind, verschwindet und zu einem andern wird, oder indem successiv beide Gegensatzpaare verschwinden und andere an ihre Stelle treten ***). Dass aber ein Element aus nichts oder aus irgend einem andern Körper entstehe, ist unmöglich, denn ein leerer Raum existirt nicht, und ursprünglichere Körper, als die Elemente, können nicht angenommen werden †).

Man erkennt deutlich aus diesen Erörterungen über das Entstehen und Vergehen, wie Aristoteles lebhaft die Schwierigkeiten des Problems der qualitativen Veränderung gefühlt hat. Mit den früheren Naturphilosophen gilt ihm das Axiom, dass das Seiende weder entstehe noch vergehe, als unzweifelhaft; aber er tadelt Jene, weil sie desshalb das Seiende nun auch als unveränderlich aufgefasst hätten ††). Und er meint mit seinen aus Gegensätzen bestehenden Elementen alle Schwierigkeiten zu umgehen. Wenn je z. B. das Warme und Trockne zuerst seine Wärme verliert, so bleibt immer noch das Trockne als Substrat, und tritt nun zu dem Trocknen das Kalte, so ist Feuer zu Erde geworden, ohne dass Substanz verschwunden oder Substanz entstanden wäre. Uebrigens muss man sich dabei die Veränderung immer als eine doppelte (etwa analog der doppelten Wahlverwandtschaft der Chemiker) denken: aus Feuer und Wasser kann sich Luft und

*) De gen. et corr. II. 2.
**) Ebend. II. 3.
***) Ebend. II. 4.
†) De coelo III. 6. Physik IV.
††) Physik I. 7.

Erde, aus Luft und Erde kann sich Feuer und Wasser bilden. Dagegen können Elemente, die correspondirende Qualitäten enthalten, wie Luft und Wasser, Feuer und Erde, nicht durch ihre gegenseitige Einwirkung umgewandelt werden. Die besonderen Eigenschaften der Naturkörper werden endlich bestimmt durch das quantitative Verhältniss der in ihnen vorhandenen Gegensätze; so überwiegt z. B. in dem Eis das Kalte, in der Flamme das Warme *). Obgleich Aristoteles ausdrücklich versichert, dass die Qualitäten für sich nichts seien, so muss die Schilderung der Entstehung der Einzelkörper doch unwillkürlich sich solcher Vorstellungen bedienen, als wenn jene Qualitäten in bestimmten Mengenverhältnissen mischbare Stoffe wären, auch ist in dieser Hinsicht charakteristisch, dass der Ausdruck „Elemente" (*στοιχεῖα*), der eigentlich nur die Combinationen zweier Qualitäten bezeichnet, zuweilen für die einfachen Qualitäten selber gebraucht wird **).

Der Gedanke, der dieser ganzen Entwicklung zu Grunde liegt, ist der schon oben angedeutete logische Satz: „Das Prädicat darf nicht mit dem Subjecte verwechselt werden." Die Qualitäten, die Prädicate des Seienden, werden aber in Subjecte umgewandelt, wenn man sich die Körper aus qualitativ unveränderlichen Elementen gemischt denkt; und ausserdem widerstreitet es ja auch der Wahrnehmung, in einem anscheinend homogenen Körper Gegensätze neben einander anzunehmen ***). Die Gegensätze müssen sich also durchdringen, und sie müssen wandelbar sein. Wenn nun die Qualitäten blosse Prädicate des Stoffs sind, welches ist nun das Subject? Es bleibt nichts übrig, als eine abstracte materielle Substanz anzunehmen, an der alle qualitativen Veränderungen vor sich gehen, die aber selbst nie anders, als mit irgend welchen qualitativen Bestimmungen vorkommt. Frühere nahmen an, dass ein einziger qualitativ bestimmter Stoff allen Dingen zu Grund liege. „Wir hingegen behaupten", sagt Aristoteles, „dass es irgend einen Stoff der sinnlich wahrnehmbaren Körper gebe, aber dass derselbe nicht getrennt, sondern immer mit einer Gegensätzlichkeit verbunden sei." Dieser „potentielle sinnlich wahrnehmbare Körper" (*τὸ δυνάμει σῶμα αἰσθητὸν*) ist daher das erste Princip des Seins, das zweite Princip sind jene gegensätzlichen Qualitäten (*αἱ ἐναντιώσεις*),

*) De gen. et corr. II. 4.
**) So de gen. et corr. II. 3, II. 6.
***) Ebend. I. 10.

wie Wärme und Kälte, und das dritte erst sind die Elemente selber *). So wird die körperliche Welt aufgebaut nach den Gesetzen der formalen Logik. Wie das Subject durch Prädicate, so muss jener undefinirbare Urstoff durch Qualitäten bestimmt sein. Den wirklichen Körper könnten wir im Aristotelischen Sinne dem Urtheil vergleichen, das Subject und Prädicate mit einander verknüpft. Von diesem Gesichtspunkte aus dürfte auch erst der wahre Begriff der Elemente zu erfassen sein. Man würde ganz gewiss irre gehen, wollte man Erde, Wasser u. s. w. als Körper unter den Elementen verstehen. Das Element ist lediglich eine Verknüpfung zweier Prädicate oder zweier Qualitäten des Seienden, und Aristoteles wählte nur diejenigen Körper zur Bezeichnung der Elemente, in welchen er die Verknüpfung der betreffenden Qualitäten besonders deutlich wahrzunehmen glaubte. Die Elementenlehre sagt mit andern Worten: alle Urtheile, die wir uns über die Naturgegenstände bilden, sind so beschaffen, dass wir jedem Subject zwei Hauptprädicate beilegen müssen. Diese Hauptprädicate zusammen nennen wir Element. Statt zu sagen: ein Körper ist warm und trocken, sage ich: ein Körper ist Feuer. Neben den Hauptprädicaten warm, kalt, feucht und trocken können auch noch Nebenprädicate, wie schwer, leicht, hart, weich u. s. w., den Subjecten beigelegt werden. Wir können aber diese Nebenprädicate in der Physik vernachlässigen, weil sie in keinerlei Wechselwirkung stehen und daher an den Veränderungen der Körper nicht betheiligt sind **). Auf der Vertauschbarkeit jener Hauptprädicate beruhen alle physikalischen Erscheinungen. Die Physik würde, wenn man sie auf Aristotelischer Grundlage aufbaute, ein Zweig der Combinationslehre werden. Der Körper entsteht aus Elementen, ähnlich wie der Schluss aus seinen Prämissen hervorgeht, welche letzteren desshalb in demselben Sinne Elemente des Beweises genannt werden ***).

Von hier aus eröffnet sich uns der Einblick in den Zusammenhang der Physik mit der ganzen Wissenschaftslehre des Aristoteles, auf den wir aber hier nur mit wenigen Worten hindeuten können. Jede Wissenschaft beschäftigt sich mit dem Seien-

---

*) De gen. et corr. II 1.
**) De gen. et corr. II. 2.
***) Metaphysik V. 3.

den in einer andern Beziehung *). Die Physik hat dasjenige Sein zum Gegenstand ihrer Betrachtung zu machen, was der Bewegung fähig ist, während andere Wissenschaften das Sein, insofern es ein hervorbringendes oder handelndes oder ruhendes ist, auffassen **). In dieser gemeinsamen Beziehung auf das Sein liegt der Grund, weshalb die Methode und die wesentlichen Principien aller Wissenschaften identisch sind. Jedes Seiende bezieht sich auf eine Einzelsubstanz. Diese Einzelsubstanz als Subject ist aber unbestimmt, und die wechselnden Prädicate, die sie bestimmen, sind für sich nichts ***). Daher bleibt nur der allgemeine Begriff des jener Einzelsubstanz zu Grunde liegenden Subjectes als das Seiende übrig. Insofern das Vorhandensein des Subjectes, abgesehen von jeder besondern Bestimmung desselben, durch die Copula angezeigt wird, könnte man sagen, das Seiende liege bei Aristoteles nur in der Copula, in dem Zeitwort Sein selbst, eingeschlossen. Die allgemeinsten Bestimmungen des Seienden, die so genannten Kategorieen (das Wo, Wann, Thun oder Lassen u. s. w.), die Begriffe der Potentialität und Actualität, der Wirklichkeit und des Entblösstseins (στέρησις), sind daher auch sämmtlich nichts als nähere Bestimmungen der Copula †). Hieraus wird uns am ehesten die auf den ersten Blick befremdende Thatsache verständlich, dass das Entblösstsein, der Mangel eines Prädicats, gewissermassen als ein Reales auftritt, da die Logik allerdings das verneinende Urtheil als gleichberechtigt dem bejahenden zur Seite stellt. Das oberste Princip der formalen Logik, dass eines und dasselbe einem und demselben in einer und derselben Beziehung nicht zugleich zukommen und nicht zukommen könne, ist daher auch bei Aristoteles oberstes Princip der Wissenschaft ††).

Dieses Aufgehen der gesammten Erkenntniss im logischen Formalismus können wir, wie ich glaube, am treffendsten als eine Uebertragung der subjectiven Formen unseres Erkennens auf die Objecte der Erkenntniss bezeichnen. Jedes Einzelerkennen bringen wir uns in der Form eines Urtheiles zum Bewusstsein. Diese Form des Urtheils soll nun auch

---

*) Metaphysik IV. 2.
**) Ebend. VI. 1.
***) Ebend. III. 5.
†) Ebend. V. 7.
††) Ebend. IV. 3.

den Dingen an sich zukommen. Wenn er ausdrücklich hervorhebt, die Dinge existirten unabhängig von der Wahrnehmung *), so ist dies kein Widerspruch gegen unsere Auffassung; wohl aber wird dieselbe durch seine Polemik gegen die Ideenlehre bestätigt, in der sein Haupteinwand dieser ist, zwischen dem Dasein der Dinge und ihrem Begriffe bestehe kein Unterschied.

Während wir in der Form des Urtheiles eine jede Erkenntniss aussprechen können, bildet dagegen der Schluss den Weg zur Erlangung der Erkenntnisse. Die Prämissen des Schlusses enthalten den Grund, aus welchem dem Subject ein bestimmtes Prädicat beigelegt wird. Hieraus entspringt bei Aristoteles das Causalprincip als die eigentliche Wurzel aller Erkenntniss. Er selbst führt zwar die Prämissen des Schlusses nur als ein Beispiel der Causalität auf **), aber es lässt sich nicht verkennen, dass dieses Beispiel unbewusst das Urbild des Begriffs der Ursache überhaupt ist. Den Ausgangspunkt zur Aufsuchung der Ursache bildet die Frage nach dem Warum ***). Den ersten Anstoss zu dieser Frage gibt uns aber ohne Zweifel das Verhältniss von Grund und Folge im Schlusse. Wenn wir vermöge eines in uns gelegenen Antriebs nach dem Grund eines Dings oder eines Ereignisses fragen, so kann jener Antrieb nur davon herkommen, dass wir in unserm Denken jedes Urtheil auf Prämissen zurückführen. Bei Aristoteles gibt es daher ebenso viele Arten von Ursachen, als es Gesichtspunkte gibt, unter denen wir die Dinge betrachten können. „Die Elemente der Silben, der Stoff des Verfertigbaren, das Feuer, die Erde und sämmtliche ähnliche Körper, die Theile des Ganzen, die Voraussetzungen der Schlussfolgen, alles dies ist Ursache als das Woraus des Gewordenen; und zwar das Eine als materielles Substrat, z. B. die Theile, das Andere als Begriff, nämlich das Ganze, die Zusammensetzung und die Form. Der Same hingegen und der Arzt und der sich Entschliessende und überhaupt das Thuende sind bewegende oder auch Stillstand bewirkende Ursachen. Wieder Anderes ist Ursache der Dinge als Ziel und als Gutes (Zweckursache)." Fragen wir uns, inwiefern z. B. das Ganze Ursache des Theils sein kann, so lässt sich nur antworten: weil der Be-

*) Metaphysik IV. 5.
**) Ebend. V. 2.
***) Physik II. 3.

griff des Theils den Begriff des Ganzen voraussetzt, und so heisst bei Aristoteles überhaupt die bei dem gewählten Gesichtspunkt vorhandene Voraussetzung eines Dings die Ursache desselben. Die logische Regel, dass bis hinauf zum Begriff des Seins jeder Begriff einen andern voraussetzt, wird auf die Dinge übertragen, und daher sind jene vier allgemeinen Begriffe des Stoffs, der Form, der Ursache im engern Sinn und des Zwecks, unter die sich die besonderen Gründe des Seins und des Werdens immer subsumiren lassen, bei Aristoteles alle unter dem Begriff der Ursache enthalten. Nur unter dem, was wir hier Ursache im engeren Sinn genannt haben, versteht er die Ursache einer Veränderung, insbesondere einer Bewegung. Man sieht hiernach, wie weit Aristoteles entfernt war, Bewegungsursachen als die ausschliessliche Causalität anzuerkennen. Sein Begriff der Ursache, als eine Uebertragung des logischen Zusammenhanges von Grund und Folge, musste eine unendlich weitere Bedeutung gewinnen. Jedes Ding musste ihm im Verhältniss zu der Veränderung, die es einging, jede vorausgesetzte Veränderung im Hinblick auf die sie erstrebende Vernunft als Ursache erscheinen. Der physikalische Causalbegriff floss noch gänzlich mit dem logischen Begriff des Grundes zusammen. Wie wir unsere Gedanken nach Grund und Folge verknüpfen, so sollen auch die äussern Dinge und Ereignisse nach Grund und Folge verknüpft sein. In erster Reihe standen daher die Gründe des Seins (Stoff und Form), in zweiter Reihe erst die Gründe des Werdens (Ursache und Zweck). —

Wir sind der auffallenden, aber, wie sich zeigen wird, in der Geschichte der Wissenschaft noch öfter wiederkehrenden Erscheinung begegnet, dass die allerersten Schritte der Speculation scheinbar näher an die Wahrheit heranführen, als ein geübteres Denken. Die Lehre von der Zurückführbarkeit aller Veränderungen auf Bewegungen, welche schon die alten Atomistiker, aufmerksam gemacht durch die Schwierigkeiten des Problems der qualitativen Veränderung, freilich ohne genügende Begründung, aufgestellt hatten, sollte noch auf Jahrtausende aus der Wissenschaft verbannt bleiben. Das Dogma von den vier Elementen des Aristoteles ragt beinahe bis in unsere Zeit herein, die Annahme einer qualitativen Veränderung der Elementarbestandtheile ist aus der Physik erst seit dem vorigen Jahrhundert verdrängt, und in der Philosophie spuckt sie noch dann und wann in dem gegenwärtigen. Man könnte über diesen unerhörten Erfolg einer Lehre erstaunt sein, wenn nicht der menschliche Geist zu jener Ueber-

tragung der Denkgesetze auf die Aussendinge, die der schlummernde Grundgedanke der Aristotelischen Naturphilosophie ist, eine unüberwindliche Neigung besässe. Wir werden Gelegenheit haben, noch manchfach diese Neigung nachzuweisen, die vielleicht mehr als der Autoritätsglaube die Jahrtausende lange Herrschaft des Aristoteles über die Geister befestigt hat.

Die von den Scholastikern unverändert fortgepflanzte Elementenlehre erfuhr zuerst durch die Alchemisten eine Veränderung. Die Beschäftigung mit den Metallen liess es, wie es scheint, nicht als wahrscheinlich zu, dass Feuer, Erde, Wasser, Luft Elemente aller Körper seien, und es wurden nun, zunächst bloss für die Metalle, Schwefel und Quecksilber als Elemente aufgestellt. Die Beobachtung geschmolzener Metalle hat wohl dieser Ansicht den Ursprung gegeben. Die geschmolzene Masse selbst mag man als Quecksilber, die sich abscheidende Oxydschichte als Schwefel betrachtet haben. Später wurde dem Schwefel und Quecksilber noch das Salz beigefügt und damit zugleich die neue Elementenlehre auf alle Körper ausgedehnt. So behauptete Paracelsus, dass der Mensch, gleich den Metallen, aus Schwefel, Salz und Mercurius seinen Ursprung nehme. Auch diese Elemente wurden übrigens mehr als Qualitäten denn als wirkliche Mischungsbestandtheile angesehen, und namentlich hielt man an der qualitativen Veränderlichkeit der einzelnen Stoffbestandtheile fest; gerade hierauf beruht ja das Hauptstreben der Alchemisten, irgend ein werthloses Mineral in Gold überzuführen.

Nach dem Verfall der Alchemie kehrten die meisten Chemiker wieder zu den vier Elementen des Aristoteles zurück. Aber deren Herrschaft in der Wissenschaft war nur noch eine kurze. Der Begriff des Elements veränderte sich allmälig, indem es nicht mehr als blosse Stoffqualität, sondern als wirklicher Mischungsbestandtheil aufgefasst wurde. Wer die Umwandlung des Begriffs vollzogen hat, lässt sich nicht angeben; diesen, wie so manchen andern wichtigen Umschwung hat die Wissenschaft keinem einzelnen Manne zu verdanken, sondern er geschah allmälig und unvermerkt. Schon Paracelsus redet von den Elementen wie von wirklichen Mischungsbestandtheilen. Als klare Forderung hat wohl zuerst Boyle es ausgesprochen, dass die Chemie jeden Körper in seine einfachsten Bestandtheile zu zerlegen habe; aber selbst dieser bedeutende Mann hielt eine Verwandlung der Metalle in einander noch für möglich. So wurde die Annahme der qualitativen Veränderlichkeit der Körper, aus der einst die

Alchemie entsprungen war, noch nach dem Aufgeben der alchemistischen Bestrebungen, und als man den richtigen Begriff der Elemente längst gewonnen hatte, immer noch festgehalten. Einen letzten Stoss versetzte dieser Annahme endlich die Aufstellung des Begriffs der chemischen Affinität. Aber sie blieb immer noch möglich, so lange man sich auf die Betrachtung der qualitativen Eigenschaften der Körper und ihrer Bestandtheile beschränkte. Die Alchemie selbst ist zunächst mehr durch das Interesse an der Wissenschaft, als durch die Resultate derselben beseitigt worden. Erst durch Lavoisier und die Widerlegung der Phlogistontheorie hat der Begriff der Elemente seine letzte Bestimmung erhalten, wornach dieselben als die nicht weiter zerlegbaren, qualitativ unveränderlichen Stoffbestandtheile der Körper gelten.

Erst in dieser Definition, die nicht früher als mit dem Beginn des quantitativen Zeitalters der Chemie gewonnen wurde, ist das Axiom der Zurückführbarkeit aller Veränderungen in der Natur auf Bewegungen unzweifelhaft enthalten. Man wird es jetzt gerechtfertigt finden, dass wir die gewöhnliche Bezeichnung, unter welcher dieses Axiom bekannt ist, diejenige des Princips der Unzerstörbarkeit der Materie, nicht gewählt haben. Die Unvergänglichkeit des Stoffs galt fast allen Denjenigen, die eine qualitative Veränderlichkeit annahmen, wie dem Aristoteles, als ein feststehender Grundsatz. Dass dieser Grundsatz und jene Annahme mit einander im Widerspruch seien, davon ist zwar zuweilen ein dunkles Bewusstsein zu Tage getreten, und es mag sein, dass wir diesem Bewusstsein mehr noch als der Erfahrung die endliche Feststellung des Begriffs der Elemente verdanken. Denn dieser Begriff war vorhanden und sogar allgemein angenommen, bevor noch die Erfahrung genügende Beweise für seine Richtigkeit beigebracht hatte. Worauf aber jenes dunkle Bewusstsein beruht, worin die so frühe sich geltend machende Annahme der Unveränderlichkeit des Stoffs ihren Grund hat, wesshalb endlich das Denken jenen Widerspruch nicht unterdrückte, während ihm solches mit dem Satz des Verharrens der Materie seltener gelungen ist, mit diesen Fragen werden wir uns später beschäftigen, weil sie uns der Ausgangspunkt sein sollen zur Deduction des Axioms. Hier wollten wir nur darauf hinweisen, dass die Lehre von der Ausschliesslichkeit der Bewegungsursachen eine späte, im Kampfe gegen die widerstrebende Speculation errungene Wahrheit ist.

Zweites Axiom.

Jede Bewegungsursache liegt ausserhalb des Bewegten.

Dieses Axiom wird gegenwärtig von den Physikern allgemein als so sehr sich von selbst verstehend betrachtet, dass sie es nicht einmal für nöthig halten, dasselbe besonders auszusprechen. Nichts desto weniger ist es gerade dieses Axiom, dessen Erkenntniss die grössten Schwierigkeiten geboten hat, und mit dessen Fesstellung erst die wissenschaftliche Mechanik beginnt. Bei weitem die meisten Bewegungen, die wir in der Natur beobachten, scheinen den menschlichen Geist vielmehr dazu aufzufordern, dass er die Bewegungsursache in dem Bewegten selber, als dass er sie ausserhalb desselben sich denke. Der einzige Fall, in welchem klar das Bewegte und seine Ursache sich getrennt gegenüberstehen, findet bei den durch Druck und Stoss erzeugten Bewegungen statt, und ohne Zweifel haben auch die Begriffe von Druck und Stoss, für welche die Wirkung der menschlichen Muskelkräfte das nächstliegende Beispiel bot, den Anlass zu einer richtigen Auffassung des mechanischen Kraftbegriffs gegeben. Aber wir dürfen uns nicht wundern, dass diese Uebertragung der von der menschlichen oder thierischen Kraft entnommenen Vorstellung auf den Kraftbegriff überhaupt nicht so leicht sich vollzog. Deuten doch gerade wieder die Bewegungen thierischer Wesen ganz besonders auf solche Kräfte hin, die im Bewegten selbst ihren Sitz haben.

„Alles Bewegte muss nothwendig von etwas bewegt werden, denn in sich selbst kann es nicht den Anfang der Bewegung haben“ *). Mit diesem Satze, der anscheinend unser Axiom schon ausspricht, beginnt Aristoteles seine Erörterungen über die Bewegung, unter der er übrigens nicht bloss die Raumbewegung, der er allerdings die erste Stelle einräumt **), sondern auch die qualitative und quantitative Veränderung begreift ***). Aber man bemerkt sehr bald, dass hier unter der Trennung des Bewegten von dem Bewegenden etwas ganz anderes verstanden wird als was die heutige Physik damit meint. Jenes bewegende Etwas kann in dem Bewegten selber enthalten sein: es ist bloss eine

*) Aristoteles Physik VII. 1.
**) Ebend. VIII. 7.
***) Ebend. VII. 2.

Scheidung im Begriff, um die es sich bei Aristoteles handelt. Bei jeder Bewegung müssen wir den Grund der Bewegung von der Bewegung selbst unterscheiden. Diese logische Distinction überträgt der Philosoph auf die Erscheinung, und so hält er bei jeder Bewegung ein Etwas, das bewegend wirkt, und ein Etwas, das bewegt ist, aus einander. Alle räumliche Bewegung zerfällt in zwei Arten: das Bewegte wird nämlich entweder von sich selbst, oder es wird von einem Andern bewegt *). Die letztere Bewegung, wie ein Zug, Stoss u. s. w. setzt als eine mitgetheilte immer schon eine andere Bewegung voraus. Diese vorausgesetzte Bewegung kann wieder eine andere voraussetzen, wie z. B. wenn ein Mensch einen Stock und der Stock einen Stein bewegt **). In allen diesen Fällen von mitgetheilter Bewegung muss das Bewegende mit dem Bewegten in unmittelbarer Berührung stehen, und es muss mit ihm zugleich sein ***). Nun führt aber jede solche Reihe bewegter und bewegender Dinge auf ein Bewegtes zurück, welches selbst nicht mehr von einem Andern bewegt wird, welches also die bewegende Ursache in sich selber trägt †). In dem von selbst Bewegten muss aber auch wieder das Bewegte von dem Bewegenden unterschieden werden. Dieses erste Bewegende kann selbst nicht bewegt sein, denn sonst würde es auf ein anderes Bewegendes vor ihm zurückweisen. Da dieses erste Bewegende in jedem Ding, das überhaupt von selbst in Bewegung gerathen kann, angenommen werden muss, so ist jedes solche Ding ein potentiell Bewegtes, und die Bewegung wird in diesem Sinn die Actualität des Potentiellen, sofern es ein Potentielles bleibt, genannt ††). Hier erhebt sich nun aber die grosse Schwierigkeit, wie denn in einem gegebenen, durch keine ausser ihm gelegene Ursache bewegten Körper jenes erste mit Nothwendigkeit Bewegende, selbst aber nicht mehr Bewegte und das Bewegte, das je nach Umständen entweder wirklich oder nur potentiell bewegt wird, mit einander verbunden seien. „Es ist unmöglich," sagt Aristoteles, „dass das sich selbst Bewegende im Ganzen sich selbst bewege" †††). Denn dann würde es zugleich als untheilbar und doch theilbar gedacht werden.

*) Physik VII. 2.
**) Ebend. VIII 5.
***) Ebend. VII. 2.
†) Ebend. VII. 1, VIII. 5.
††) Metaphysik XI. 9.
†††) *ἀδύνατον δὴ τὸ αὐτὸ αὑτο κινοῦν πάντῃ κινεῖν· αὐτὸ αὑτό.*

Ebenso wenig ist es möglich, dass jeder Theil den andern bewegt, denn dann würde es kein erstes Bewegendes geben, was nothwendig ist. Es muss also das sich von selbst Bewegende aus einem selbst nicht mehr Bewegten, aber Bewegenden, und aus einem Bewegtwerdenden, nicht aber mit Nothwendigkeit, sondern nur je nach Vorkommniss Bewegten bestehen.“ Diese beiden müssen gegenseitig sich durchdringen. Nicht also bewegt etwa ein Theil des Körpers den andern, sondern das Ganze bewegt sich selbst, insofern es aus den innig mit einander verbundenen Principien des activen Bewegens und des passiven Bewegtseins besteht*). Das Bewegte als ein im Raum Bewegtes muss nothwendig eine gewisse Grösse haben, dem Bewegenden aber, das an sich ruhend ist, kommt nicht nothwendig eine Grösse zu **).

Ein Beispiel für die von selbst entstehende Bewegung scheinen die lebenden Wesen zu liefern; nichts desto weniger haben diese die Ursache ihrer Bewegung nicht eigentlich in sich selber, sondern in der Umgebung und in dem was in das lebende Wesen hineinkömmt (in der Nahrung), so dass auch hier der erste Anfang der Bewegung von aussen kommt. Hier fallen also das Bewegende und das Bewegte nur „gewissermassen“ zusammen ***). Dass es aber eine immerwährende Bewegung geben müsse, welche keine Ursache ausser sich hat, ist an und für sich klar. Irgendwo muss die durch blosse Mittheilung stattfindende Bewegung bei einem ersten Bewegenden stehen bleiben, welches für alles Uebrige das Princip der Bewegung ist. Alle räumliche Bewegung ist nun entweder kreisförmig oder geradlinig oder aus beiden gemischt. Keine andere als die Kreisbewegung kann jene ursprüngliche Bewegung sein. Die geradlinige Bewegung hat Haltpunkte am Anfang und Ende ihrer Bahn: sie kann also nie eine continuirliche, immerwährende und gleichförmige Bewegung sein. Alle diese Forderungen erfüllt dagegen die Bewegung in einem geschlossenen Kreise †). Dies ist der Ursprung jener folgenreichen Lehre, dass der Umschwung des Himmelsgewölbes die erste Bewegung sei, die keine Ursache mehr ausser sich habe, und von der alle andern Bewegungen abhängen ††), eine Lehre, zu der zwar Andere, namentlich Plato, schon den Grund gelegt

*) Physik VIII. 5.
**) Ebend. VIII. 6
***) Ebend.
†) Ebend. VIII. 8—10.
††) De coelo II. 1.

hatten, die aber Aristoteles erst zum Abschluss brachte, indem er jenen Umschwung des Himmels nicht nur als einen voraussetzungslosen, von Ewigkeit her bestehenden, sondern auch als die Ursache aller andern Bewegungen auffasste *).

Wie entstehen nun aber alle andern Bewegungen der Körper? Die Beantwortung dieser Frage hängt innig mit der oben in ihren Grundzügen dargestellten Lehre von den Elementen zusammen. Jeder Körper, sagt Aristoteles, hat von Natur aus einen bestimmten Ort im Raum. „Zu untersuchen, warum das Feuer nach oben und die Erde nach unten bewegt werde, ist das nämliche, als wenn man untersuchen wollte, warum das Heilbare in Gesundheit übergeht, nicht aber in Weisse.“ Das Feuer ist der absolut leichte, die Erde der absolut schwere Körper: jenes strebt daher immer nach oben, diese nach unten. Es gibt ein absolutes Oben und Unten im Raum. Dass der Mittelpunkt unserer Erde gerade diese Stelle des Unten einnimmt, ist gewissermassen zufällig. „Wenn man,“ meint Aristoteles, „die Erde dahin versetzte, wo jetzt der Mond ist, so würden die schweren Körper nicht mehr zu ihr hinbewegt werden, sondern immer noch dahin, wo sie jetzt ist.“ Zwischen Feuer und Erde stehen Luft und Wasser in der Mitte, von denen die Luft mehr dem Feuer, das Wasser mehr der Erde sich nähert. Potentiell nimmt jeder Körper den Ort schon ein, der ihm zukommt, indem er sich dahin bewegt, kommt das potentiell Seiende zur Verwirklichung **). Nun kommt es freilich vor, dass ein Körper auch nach der entgegengesetzten Richtung bewegt wird, als die von Natur ihm zukommt, wie z. B. wenn man einen Stein in die Höhe schleudert. In diesem Fall nennt dann Aristoteles die Bewegung eine gezwungene, während sie eine natürliche genannt wird, wenn sich der Körper nach dem ihm von Natur zukommenden Ort im Raum bewegt. Jene Kreisbewegung aber, die ihren Grund in sich selber hat, muss selbstverständlich ebenfalls eine natürliche Bewegung genannt werden ***). Man könnte die Frage aufwerfen, wesshalb Aristoteles für diese Bewegungen des Schweren nach unten, des Leichten nach oben nicht ebenfalls ein in den Körpern gelegenes Bewegendes, ähnlich wie für die ursprüngliche Kreisbewegung voraussetzt. Den Schlüssel hierzu müssen wir darin finden, dass

*) Metaphysik XII. 6. Vergl. n. Plato's Timäos 8—12.

**) De coelo N. 3 und 4.

***) Ebend. III. 2. De gen. et corr. II. 6. Physik VIII. 4.

jedem Körper an und für sich ein Ort im Raume zukommt, den er actuell oder potentiell einnimmt. Für die Verwirklichung eines potentiellen Zustandes braucht nun nach des Aristoteles Meinung ein weiterer Grund gar nicht gesucht zu werden: der schwere Körper fällt eben von selbst zur Erde, wenn ihn kein äusserer Widerstand daran verhindert.

Die Beziehung, in welcher die Aristotelische Lehre von der Bewegung zu unserm Axiom steht, wird hauptsächlich durch die zwei Sätze bezeichnet, dass es eine ursprüngliche Bewegung geben müsse, die ihre Ursache in sich selbst habe, und dass jede mitgetheilte Bewegung nur durch unmittelbare Berührung übertragen werde. Jeder dieser Sätze hat seine äusseren Stützen in der Beobachtung, seine Wurzel aber in einer Begriffsentwicklung. Die Beobachtung zeigt uns, dass viele Ortsbewegungen von äusseren Ursachen abhängen. Lassen wir aber auch alle Bewegungen, die wir sehen, äusserlich bedingt sein, irgend eine Bewegung muss es geben, die nicht mehr bedingt ist. Wenn wir Schlüsse auf Schlüsse häufen und die Prämissen der abgeleiteten Folgerungen immer wieder auf frühere Schlüsse zurückführen, so muss es doch schliesslich Prämissen geben, die nicht mehr auf andere zurückführbar sind, Wahrheiten, die in sich selbst ihren Grund haben. Ebenso muss es eine erste Bewegung geben, in der Bewegendes und Bewegtes zusammenfallen. Aber es ist höchst bezeichnend, dass der Philosoph auch hier immer noch nicht bloss die Begriffe von Grund und Folge aus einander hält, sondern auch ausdrücklich diese Begriffsscheidung auf das sich von selbst bewegende materielle Substrat überträgt: dieses wird ihm zur Verwirklichung der beiden Begriffe, nach denen es zerfällt, es ist eine Grösse, insofern es bewegt wird, es ist ruhend und ohne Grösse, insofern es bewegend ist. Die Begriffe selbst in ihrer Durchdringung bilden die Erscheinung.

Auch der Satz, dass die Körper nur wenn sie sich berühren auf einander wirken, der zunächst wohl aus der Beobachtung der gewöhnlichen Stoss- und Druckwirkungen entnommen ist, hat einen logischen Grund. Das Axiom, dass Ursache und Wirkung, Bewegendes und Bewegtes, nicht durch Raum und Zeit von einander getrennt sein können, stützt sich unverkennbar auf den Zusammenhang von Grund und Folge im Schlusse. Niemals können wir im Denken den Grund von seiner Folge, die Folge von ihrem Grunde wegnehmen. Beide sind Wechselbegriffe, die sich nicht isoliren lassen. Uebertragen wir nun diesen Zusammen-

hang von Grund und Folge auf die Dinge, so treten wir auch diesen mit der Forderung entgegen, dass sie, sofern sie sich nur zu einander als Grund und Folge, als Bewegendes und Bewegtes, verhalten sollen, in ihrem räumlichen und zeitlichen Sein nicht von einander getrennt sein, aber anderseits ebenso wenig zusammenfliessen dürfen. Alles Bewegliche muss daher theilbar sein, und das Theillose ist unbeweglich. Dem Begriff der Wirkung eines Körpers auf einen andern entspricht recht eigentlich die Contiguität, welche den Begriff des continuirlichen Zusammenhangs und des Getrenntseins in sich vereinigt *).

Die beiden Sätze, in welche wir die Aristotelische Mechanik auslaufen sehen, stehen im schroffsten Widerspruch mit unserm Axiom. Während das letztere jede Bewegungursache ausserhalb des Bewegten setzt, sonst aber das räumliche Verhältniss von Bewegendem und Bewegtem unbestimmt lässt, fällt bei Aristoteles der Ursprung aller Bewegung mit dem Bewegten zusammen und was nicht ursprünglich bewegt ist kann nur durch unmittelbare oder mittelbare Berührung mit dem ursprünglich Bewegten seine Bewegung empfangen **). Jene beiden Sätze haben aber auf die spätere Wissenschaft einen lange dauernden, noch nicht gebührend gewürdigten Einfluss geübt. Auch hier wird uns dieser Einfluss nur verständlich, wenn wir in Anschlag bringen, dass aus denselben Ideenverbindungen, die zum Theil unabhängig und unbewusst sich wiederholten, die nämlichen Folgerungen sich entwickeln mussten.

Der Gedanke, dass der regelmässige Umschwung des Himmels das primum movens für alle andern Bewegungen sei, hat bis auf Newton herab seinen bestimmenden Einfluss geübt. Die symbolische Auffassung dieses Gedankens war noch lange eine Hauptstütze der astrologischen Bestrebungen und hieran sich knüpfender mystischer Speculationen ***). In seinem physikalischen Sinne aber hat derselbe zu der Befestigung des Copernicanischen Weltsystems wesentlich beigetragen. Tycho Brahe hatte noch, um die Unbeweglichkeit der Erde zu retten, angenommen, die Sonne sei durch ein unkörperliches Band mit den excentrischen Kreisen der fünf Planeten verbunden und werde mit diesen durch ein anderes Band um die Erde geführt. Ausdrücklich beruft sich

*) Vergl. Physik VI. 10, VII. 1 und VIII. 4.

**) S. das oben erwähnte Beispiel von Mensch, Stock und Stein.

***) Vergl. Kepler, tertius interveniens. Opera ed. Frisch I p. 596.

Kepler gegen diese Annahme auf die Physik des Aristoteles, in der erwiesen sei, dass alle andern Bewegungen auf eine einzige Kreisbewegung zurückgeführt werden müssen, und er zeigt, dass, sobald man diese Forderung zugibt, die Bewegung der Sonne als eine einzige ursprüngliche Bewegung anzunehmen sei. Das Mittel, das jene Bewegung um den Centralkörper zu Stande bringt, nennt Kepler eine „species immateriata", welche dem Licht verwandt, vielleicht mit ihm identisch sei, und welche, indem ihre Quelle, die Sonnenkugel, sich umdrehe, gleich einem Wirbel bewegt werde und dadurch die Planeten mit sich fortreisse *). Auch die Frage, wie die Bewegung schwerer Körper gegen den Mittelpunkt der Erde mit der Wirkung der Sonne auf die Planeten in Verbindung zu bringen sei, beschäftigte zu jener Zeit lebhaft die Geister, und namentlich von den Gegnern des Copernicanischen Systems war sie erhoben worden. Die Ptolemäer behaupteten nämlich, alle schweren Körper müssten gegen den Mittelpunkt der Erde fallen, weil dieser der Mittelpunkt der Welt, das absolute Unten im Sinn des Aristoteles sei. Kepler wendet hiergegen ein, kein Körper könne durch einen mathematischen Punkt als solchen, durch ein Nichts, bewegt werden. Es gebe überhaupt weder absolut schwere noch absolut leichte, sondern nur mehr oder minder schwere Körper. Die Erde ziehe den Stein an durch eine ihr innewohnende Anziehungskraft, ebenso ziehe aber auch der Stein die Erde an, nur wegen seiner geringen Grösse in weit geringerem Maasse. Dächte man sich an irgend einem Ort der Welt zwei Steine von gleicher Masse einander nahe gebracht, so würden diese wie zwei magnetische Körper sich nähern und an einem in der Mitte gelegenen Ort zusammentreffen **). Kepler hatte aber keine genügende Antwort auf die Frage, warum denn nun, wenn alle Körper anziehend auf einander wirken, die Erde nicht gegen die Sonne und der Mond gegen die Erde falle. Er ersann zur Beseitigung dieser Schwierigkeit die Hypothese, jeder Himmelskörper werde durch eine „gleichsam animalische Kraft" (vi animali aut alia aliqua aequipollenti) am Fall gehindert. Diese Meinung hat neuerdings zu der oberflächlichen Behauptung Anlass gegeben, Kepler habe die Erde für ein lebendes Thier gehalten ***).

---

*) De motu Martis cap. 32—36.

**) De motu Martis, introductio opera ed. Frisch p. 150.

***) Whewell, Geschichte der inductiven Wissenschaften, deutsch von Littrow. Bd. I p. 419.

Die Vorstellung, dass die Planeten, durch ein Medium getragen, sich in Wirbeln um die Sonne bewegten, theilte auch Toricelli und vielleicht dessen Lehrer Galilei. Leibnitz, der dies mittheilt, macht darauf aufmerksam, dass diese Ansicht uralt sei, und dass sogar das Wort „Wirbel" (*δίνη*) schon bei Leucipp sich vorfinde *). Bekannter wurde jedoch diese Wirbeltheorie erst durch Cartesius. Er hat dieselbe zunächst, wie es scheint, von Kepler entlehnt, hat aber, ohne Zweifel als der Erste, die in der Aristotelischen Physik gestellte Aufgabe, alle Bewegungen aus der ursprünglichen Kreisbewegung abzuleiten, consequent durchgeführt. Er benützte dazu die von Kepler gemachte Beobachtung, dass, wenn eine schwere Flüssigkeit rotirt, leichtere Körper, die in derselben suspendirt sind, sich gegen das Centrum bewegen, während die Flüssigkeit selbst durch die Centrifugalkraft nach der Peripherie hin bewegt wird. Vermittelst dieser Thatsache erklärte Cartesius die Erscheinungen der Schwere, und ähnlich wusste er alle möglichen andern Erscheinungen der himmlischen und irdischen Physik aus der ursprünglichen Wirbelbewegung abzuleiten **). Der Fehler dieser und aller späteren ähnlichen Theorieen bestand jedoch in den äusserst complicirten und willkürlichen Hypothesen, über die Constitution der Materie, die man zu ersinnen genöthigt war ***). Ausserdem beschränkte sich Cartesius gänzlich auf die qualitative Seite der Erscheinungen, den doch nahe liegenden Versuch das Fallgesetz oder die Kepler'schen Gesetze aus seiner Theorie abzuleiten, hat er nicht gemacht.

Galilei, der anfänglich selbst noch die Ansicht des Aristoteles von der Ursprünglichkeit der Kreisbewegung theilte †), liess später, nach seiner vorsichtigen Weise, die Frage, ob der Mittelpunkt der Erde als solcher die fallenden Körper zu sich anziehe, oder ob ein centrisches Medium den Körper nach abwärts treibe, gänzlich dahingestellt. „Es ist genug für uns," sagt er, „das einfache Gesetz zu kennen, dass die Geschwindigkeit der Zeit proportional

*) Leibnitz, tentamen de motuum coelestium causis. Mathem. Werke herausg. von Gerhard. Abth. II. Bd. 2, p. 163.

**) Les principes de la philosophie. Oeuvres publ. par Cousin. T. III.

***) Ein sehr charakteristisches Beispiel dieser sich nothwendig ergebenden Complication der Hypothesen ist bei Cartesius die Theorie der Elektricität und des Magnetismus, welch letztere auf eine höchst sinnreiche Weise mit der Schiefe der Ekliptik (!) in Verbindung gebracht ward. (A. a. O. part. X nr. 133 etc.)

†) Dialogi I.

sei" *). Dagegen zeigte Huyghens, dass aus der Centrifugalkraft eines um die Erde rotirenden Aethers, dessen Dichtigkeit die der fallenden Körper übertreffe, das Galilei'sche Fallgesetz abgeleitet werden könne; er lieferte damit zuerst den Beweis, dass die Annahme abstossender Kräfte zur Erklärung der Bewegungserscheinungen genügt. Huyghens sowie Leibnitz fanden sich durch die Newton'sche Definition der Schwerkraft nicht befriedigt. Diese schien ihnen, weil sie von der Wirkung durch Berührung abstrahirte, eine „unkörperliche und unerklärliche Kraft" zu sein **). Leibnitz, der selbst anfänglich zu der Huyghens'schen Erklärung sich hinneigte, erhob jedoch später Bedenken gegen dieselbe, weil sie zu der Annahme zwingen würde, dass der Aether nicht im Aequator und den Parallelkreisen sich bewege (da sonst die Körper gegen die Axe, nicht gegen den Mittelpunkt der Erde fielen), sondern in grössten Kreisen, wie den Meridianen, deren Mittelpunkte sämmtlich mit dem Centrum der Erde zusammentreffen. Bei dieser Annahme müsste nun der Aether an den Polen weit dichter gehäuft sein, es wäre also nicht klar, warum die Körper am Pol und am Aequator auf die nämliche Weise fallen ***). Leibnitz kehrte daher zu einer andern Vorstellung zurück, deren Grundzüge er schon früh, noch vor seiner genaueren Bekanntschaft mit dem Cartesianischen System, entwickelt hatte †). In seinen verschiedenen auf diesen Gegenstand bezüglichen Arbeiten, die aber nie zu einem festen Abschluss gekommen sind, geht Leibnitz von dem Grundgedanken aus, man müsse die Naturerscheinungen aus den allgemeinsten, durch die Beobachtung unmittelbar wahrzunehmenden Phänomenen abzuleiten suchen. Solche selbst nicht weiter zu erklärende, aber der Erklärung aller andern Erscheinungen zur Grundlage dienende Phänomene sind ihm die Planetenbewegungen und die Lichtausstrahlungen der Sonne. Die Planeten müssen sich in einer Flüssigkeit bewegen, weil sie sonst nach der Tangente ihrer Bahn fortgeschleudert würden, und weil nur durch unmittelbare Berührung eine mechanische Wirkung denkbar ist. Die Bewegung des Aethers und der von ihm getragenen Planeten ist eine „harmonische Circulation," d. h. eine Bewegung

*) Dialog. III. 91.

**) Brief von Leibnitz an Huyghens. Leibnitz' mathem. Werke II, 2 p. 187.

***) Tentamen de motuum coelestium causis. a. a. O. p. 164. De causa gravitatis etc. ebend. p. 197

†) Hypothesis physica nova (1671).

in geschlossener Curve, bei der die Geschwindigkeit des Bewegten der Entfernung vom Bewegungscentrum umgekehrt proportional ist. Für die hierin liegende Annahme, dass in jeder der concentrischen Kugelschalen, von denen man sich die Sonne umgeben denkt, die gleiche Kraft der Bewegung enthalten sei, ist, so meint Leibnitz, die nach demselben Gesetze geschehende Ausbreitung des Lichtes eine Stütze. Neben diesem schwereren Aether, der die Planeten sämmtlich in der gleichen Richtung um die Sonne trägt, muss nun noch ein zweiter leichterer Aether angenommen werden, der von jedem Himmelskörper, wie das Licht von der Sonne, ausstrahlt, und durch den solche Körper, die eine noch geringere Dichte und daher nicht dieselbe Kraft des Zurückweichens besitzen, gegen die Erde gestossen werden; auch dieser zweite Aether muss natürlich im umgekehrten Verhältniss des Quadrates der Entfernungen wirken, er ist es, der nicht bloss den Fall der Körper gegen die Erde, sondern auch den Fall der Planeten gegen die Sonne und dadurch die elliptische Bahn der letzteren bewirkt, die sich aus der harmonischen Circulation des ersten Aethers und aus der paracentrischen Wirkung des zweiten Aethers zusammensetzt. Um diese paracentrische Wirkung verständlich zu machen, nimmt Leibnitz an, alle Körper seien porös, und ihre Poren seien von einer dritten äusserst feinen Materie erfüllt; je grösser der Theil eines Körpers, welcher dem zweiten Aether den Zutritt versagt, für diesen dritten aber durchgängig ist, für um so schwerer halten wir den Körper *). So hatte Leibnitz dreierlei Aethermaterien für seine Hypothese nothwendig, dieselbe Zahl, deren auch Cartesius bedurft hatte. Während aber der Letztere mit der ursprünglichen Wirbelbewegung ausreichte, musste Jener, da er sich nicht mehr bloss auf die qualitative Betrachtung beschränkte, ausserdem eine ursprüngliche Ausstrahlungsbewegung hinzunehmen, er bedurfte also noch mehr willkürlich ersonnener Hypothesen zur Deduction der Naturerscheinungen. Das Einzige was vom Standpunkt dieser modificirten Wirbeltheorie aus gegen die unendlich einfachere Newton'sche Gravitationslehre sich einwenden liess war dieses, dass die letztere über den Grund, warum die einzelnen Himmelskörper desselben Systems im selben Sinn sich bewegen, keine genügende Rechenschaft zu geben vermochte. Jene Annahme eines ursprünglichen Stosses in der Richtung der Tangente, wie sie Newton

*) Vergl. die Abhandlung Tentamen de motuum coelestium causis.

aufstellte, war eine metaphysische Hypothese, die sogar durch die Einfachheit der Betrachtung, welche sie möglich machte, nicht die gegen sie sich äussernden Bedenken zu besiegen vermochte, so dass die Newton'sche Theorie eigentlich erst durch die von Kant und Laplace aufgestellte Hypothese über die Entstehung des Sonnensystems, die jenen Stoss entbehrlich machte und für die gleichsinnige Bewegung eine physische Ursache angab, ihre feste Begründung erhielt, womit zugleich alle auch später noch vorkommenden Ausklänge der Cartesianischen Wirbeltheorie beseitigt waren. Aber an die Idee einer „actio in distans" konnte man sich noch lange nicht gewöhnen. Newton selbst äusserte sich höchst vorsichtig über diesen Punkt. „Die Ursache der Schwere," sagt er in einem Brief an Bentley, „kenne ich nicht, und ich behaupte keineswegs, dass dieselbe eine der Materie wesentliche und inhärirende Eigenschaft sei." Und in den Principien der Naturphilosophie hebt er ausdrücklich hervor, er untersuche die Centralkräfte bloss mathematisch, nicht physikalisch. „Virium causas et sedes physicas jam non expendo *)."

Noch d'Alembert erklärte, die Ursachen seien uns in der Mechanik nur dann klar gegeben, wenn sie sich auf den Stoss zurückführen liessen, in allen andern Fällen aber, wie z. B. bei der Schwere, seien sie gänzlich unbekannt, nur in ihrem ersten Theil sei daher die Mechanik eine streng mathematische Wissenschaft, in ihrem zweiten Theil dagegen sei sie lediglich auf Erfahrung gegründet **). Noch stärker äussert sich Euler. Er verwirft die actio in distans desshalb, weil sie dem Princip der Trägheit widerspreche. Denn dieses Princip sage aus, dass ein Körper seinen Zustand der Ruhe oder Bewegung nicht ändern könne ausser durch den Zusammenstoss mit einem andern Körper, mit der Wirkung in die Ferne nehme man aber eine Zustandsveränderung ohne jeden Zusammenstoss an ***). Auch der Zusammenhang dieser Anschauung, welche den Stoss als einzige Bewegungsursache statuirte, mit der Annahme einer ersten Beweg-

*) Philosophiae naturalis principia mathematica. Edit. III p. 5.

**) Traité de dynamique, préface p. X

***) Theoria motus p. 51. Eine ähnliche Ableitung hat schon früher Chr. Wolf für den Satz „corpus non agit in alterum nisi dum in ipsum impingit" gegeben. Er sagt: daraus, dass in jedem Körper eine Widerstandskraft gegen die Bewegung sei, folge, dass er sich nicht von selber bewegen könne. Vergl Cosmologia generalis 129, 304, 320.

ung, die ihre Ursache in sich selbst trägt, tritt noch einmal deutlich bei Euler hervor, indem derselbe an die Spitze seiner Mechanik den Satz stellt, dass jede Bewegungsursache entweder in dem bewegten Körper oder ausserhalb desselben zu suchen sei. Die innere Ursache der Bewegung aber ist ihm die vis inertiae, vermöge deren jeder Körper entweder in's Unendliche sich geradlinig fortbewegte oder immer in Ruhe verbliebe, wenn nicht die Körper durch den Zusammenstoss gegenseitig ihren Zustand veränderten. Ausdrücklich sagt Euler: Wenn wir alle Körper mit Ausnahme eines einzigen aus dem Geiste hinwegnehmen, so wird zwar dessen Beziehung zu jenen, aus der wir Bewegung oder Ruhe beurtheilen, entfernt, aber nichts desto weniger muss der Körper im absoluten Raum entweder in Bewegung oder in Ruhe befindlich sein. Da nun, wenn jeder Körper im absoluten Raum ruhend wäre, auch keine relative Bewegung jemals entstehen könnte, so muss es Körper geben, die von Anfang an im absoluten Raume bewegt sind*). Erst lange nachdem man das zwischenliegende Medium, das die Wirkung in die Ferne verdeutlichen sollte, als eine unnöthige Hypothese beseitigt hatte, gelang es der wissenschaftlichen Mechanik diese Wirkung begreiflich zu finden dadurch, dass sie die auf halbem Wege stehen gebliebene Skepsis d'Alembert's vollendete und die Wirkung jeder Bewegungsursache, auch des unmittelbaren Stosses, lediglich als eine Thatsache der Erfahrung, d. h. als gleich unbegreiflich a priori auffasste. —

Indem man sich bestrebt hatte, alle Bewegungen in einen fassbaren Zusammenhang zu bringen, waren dem Denken die zwei Fragen aufgestossen: welches ist der Ursprung der Bewegungen? und wie werden Bewegungen übertragen? Die Voraussetzung einer von Ewigkeit her dauernden Bewegung schien die erste Frage zu lösen. Die Zurückführung aller übertragenen Bewegungen auf die Stosswirkung schien die Schwierigkeiten der zweiten Frage zu beseitigen. Sowohl die Annahme einer ersten Bewegung wie die Zurückführung aller Wirkungen auf die Stosswirkung stützt sich aber auf keinen physikalischen, sondern auf einen logischen Beweis. Im physikalischen Sinne kann jede Wirkung eine ausser ihr liegende Ursache haben, denn es steht einem regressus in infinitum nichts im Wege. Dieser regressus war in der That schon angedeutet, als Newton für die erste Ursache der Bewegung

*) Theoria motus p. 90 sq.

einen ausserweltlichen Stoss annahm, offen dargelegt ist er aber durch die Betrachtungen, zu denen die Laplace'sche Theorie herausfordert. Diese Theorie lässt die Entstehung des eine einzige Masse bildenden Sonnensystems zunächst noch unbestimmt. Nichts aber hindert anzunehmen, dass dasselbe auf dieselbe Weise von einem grösseren System sich ablöste wie jeder einzelne Planet von ihm selber. Wir treffen hier nirgends einen bestimmten Punkt, von wo an der Fortschritt des physischen Zusammenhangs unmöglich wäre. Stellen wir uns dagegen in logischem Sinne die Frage: warum ist Bewegung? so steht uns nicht der regressus in infinitum offen, und die Antwort: jede Bewegung setzt eine andere Bewegung voraus, bedeutet hier nur, dass alle Bewegungen überhaupt eine erste Bewegung voraussetzen. Irgend eine Bewegung in der Natur als diese erste Bewegung auffassen bedeutet nichts anderes als den logischen Zusammenhang von Grund und Folge dem physikalischen Zusammenhang von Ursache und Wirkung substituiren. Wenn wir ferner die Stosswirkung begreiflicher finden als die Fernewirkung, so stützen wir uns auf den, wie wir glauben, sinnenfälligen Satz, dass zwei Körper nicht einen und denselben Ort im Raume einnehmen können. In der That ist nun aber dieser Satz, insoweit er auf Wahrnehmung sich stützt, selbst erst der Beobachtung der Wirkungen des Zusammenstossens entnommen. Es muss daher einen andern Grund geben, wesshalb uns der Stoss, die Bewegung durch unmittelbare Berührung, a priori einleuchtender scheint als die Fernewirkung. Dieser Grund spricht sich darin aus, dass wir weniger die Bewegung durch den Stoss begreiflich als vielmehr die Bewegung durch Einwirkung eines in der Ferne befindlichen Körpers geradezu unbegreiflich finden. Wenn wir auch wirklich zugeben, dass zwei Körper einander nicht durchdringen können, so kann ja immerhin bei ihrem Zusammenstoss ausser der Bewegung noch etwas anderes eintreten, sie können ruhend neben einander verbleiben. Aber die Behauptung, ein Körper könne da wo er gar nicht ist einen andern in Bewegung setzen, scheint uns ein Widerspruch. Der Vater des anscheinend so einleuchtenden physikalischen Satzes „wo ein Körper nicht ist, da kann er nicht wirken“ ist offenbar der logische Satz „der Grund lässt sich von seiner Folge nicht trennen.“ Wir begehen hier eine doppelte Vertauschung. Zuerst wird das Verhältniss von Grund und Folge auf das Verhältniss von Ursache und Wirkung übertragen, und dann wird

für den logischen Zusammenhang dort ein correspondirender räumlicher Zusammenhang hier gesetzt.

Drittes Axiom.

Alle Bewegungsursachen wirken in der Richtung der geraden Verbindungslinie ihres Ausgangs- und Angriffspunktes.

Die historische Feststellung dieses Satzes hängt mit derjenigen des vorigen Axioms innig zusammen. So lange man von der Betrachtung ausging, eine immerwährende, in sich selbst zurücklaufende Kreisbewegung sei der Anfang aller Bewegungen, musste als ursprünglichste Bewegungsursache eine solche angenommen werden, durch die das Bewegte nicht fortwährend seine Richtung behalte, sondern in jedem Augenblick gleichmässig dieselbe verändere. Bei dieser Annahme kreisförmig bewegender Kräfte wirkte wesentlich mitbestimmend ein Gedankengang, den wir bisher noch nicht in die Betrachtung hereinzogen, der aber in der Entwicklung der Wissenschaft eine wichtige Rolle spielt.

„Dem alles Leben in sich fassenden Weltganzen", sagt Plato im Timäos, „mochte die Gestalt angemessen sein, welche alle möglichen andern Gestalten in sich schliesst, die Kugel." „Unter den sieben Bewegungen", fährt er fort, „verlieh ihr der Schöpfer die ihrer Gestalt angemessene, dem Verstand am meisten zusagende; indem er sie nämlich auf derselben Bahn, in demselben Raum und in einer in sich selbst zurückkehrenden Bewegung herumführte, machte er sie zu einem im Kreise sich drehenden Kreise"*). Diese erste Bewegung im Kreise ist ihm die allein vollkommene den andern sechs „ordnungs- und vernunftlos vom Zufall geleiteten Bewegungsarten"**) gegenüber, unter denen er offenbar die geradlinigen Bewegungen nach den drei Richtungen des Raumes versteht, wobei diese Richtungen wegen ihrer Beziehung auf das Subject doppelt genommen sind (oben und unten, rechts und links, vorn und hinten).

Die nämliche Idee hat Aristoteles weiter verarbeitet. Die Kreisbewegung ist die vollkommenste, weil sie die allein continuirliche und gleichmässige ist, während die geradlinige Bewegung Anfang und Ende besitzt und daher an Geschwindigkeit zu-

*) Timäos 7.
**) Ebend. 15.

und abnimmt*). Desshalb weil die Kreisbewegung die vollkommenste ist, muss sie auch die ursprünglichste sein, „denn das Vollkommene ist von Natur aus ursprünglicher als das Unvollkommene.“ Die sechs geradlinigen Bewegungen bei Plato reducirt Aristoteles auf zwei, indem er bloss die Bewegungen nach oben und nach unten ebenfalls als natürliche Bewegungen anerkennt, weil es die Bewegungen der Elemente, des Leichten und des Schweren seien, denen eine kreisförmige Bewegung nur als naturwidrige ertheilt werden könne. Mit der Kreisbewegung bilden die Bewegungen nach oben und unten die einfachen Bewegungen in der Natur, unter ihnen nimmt aber die Kreisbewegung, weil sie zugleich die vollkommenste ist, den ersten Rang ein. „Nur diese beiden Grössen“, sagt er, „sind einfach, die gerade Linie und die Kreislinie.“ Aus der Einfachheit und Vollkommenheit der Bewegung schliesst er dann sogar zurück auf die Beschaffenheit der Körper, denen eine bestimmte Bewegung als „natürliche“ zukommt. Zeigen die einfachen Körper die geradlinige Bewegung, so muss die Kreisbewegung einem noch ursprünglicheren Körper gehören**). In der That bestätigt sich dies, wie Aristoteles meint, weil dem im Kreisumschwung begriffenen Himmelsgewölbe weder Leichtigkeit noch Schwere, weder ein Entstehen noch ein Vergehen beigelegt werden kann***).

Diese Anwendung der Begriffe von Vollkommenheit und Einfachheit der Bewegung ist ein Hineintragen ästhetischer Gesichtspunkte in die physikalische Betrachtung, wobei immer gleichzeitig der Zweckbegriff hinzugedacht wird. Wer aus der Vollkommenheit der Kreisbewegung schliesst, diese Bewegung müsse die ursprünglichste sein, der muss von der Prämisse ausgehen, in der Weltordnung werde ein ästhetischer Zweck erfüllt. Er muss eine zwecksetzende Ursache annehmen, deren Wirkungen sich nach dem ästhetischen Begriff der Vollkommenheit richten. Die Mechanik des Aristoteles hat ein metaphysisches und ein ästhetisches Fundament, die in der Darstellung beide völlig in einander fliessen. Das erstere ersetzt die Causalität durch den Grund, das letztere substituirt ihr den Zweck. Dort wird die Kreisbewegung als die ursprünglichste aus der Forderung einer immerwährenden, gleichförmigen Bewegung in der Natur abge-

*) Physik VIII 8, 9.
**) De coelo I 2.
***) Ebend. I 3.

leitet, hier wird sie aus der vollkommenen Ordnung der Welt erwiesen.

In der mittelalterlichen Physik nahm dieses ästhetische Princip eine theologische Färbung an, und seine Durchführung ist daher verwandt mit der Platonischen Naturphilosophie. „Die Natur", so heisst es noch bei Kepler, „muss eine Darstellung Gottes sein. Denn da der Schöpfer Alles möglichst gut und vorzüglich ausstattete, so fand er nichts was besser und vorzüglicher gewesen wäre als er selbst. Hieraus entsprang die Art der Grössen, der Unterschied des Gekrümmten und Geraden und die vorzüglichste aller Figuren, die sphärische Oberfläche." Diese letztere mit ihren drei wesentlichen Bestandtheilen, Mittelpunkt, Durchmesser und Peripherie ist ein Bild der Dreifaltigkeit *). Hier eröffnete sich jene Betrachtungsweise der Natur als einer symbolischen Gestaltung der Gottheit, durch welche sich eine lange Zeit hindurch die Wissenschaft von dem wahren Weg der Forschung entfernte, und an welcher selbst ein Geist wie derjenige Kepler's seine beste Kraft verschwendete.

Auf der Grenzscheide dieser Betrachtungsweise steht Cartesius. Er erklärt ausdrücklich, dass sich die Endursachen der Dinge unserer Untersuchung entziehen, da uns Gott seine Rathschläge nicht mitgetheilt habe**). Nicht aus göttlichen Zwecken sondern aus einer in Gott gelegenen Nothwendigkeit leitet er die Naturerscheinungen ab; seine Naturphilosophie ist daher eine Sammlung physikalischer Hypothesen, die nur in ihrem Anfang zu einer göttlichen Influenz ihre Zuflucht nimmt.

Gott ist die erste und allgemeinste Ursache aller Bewegungen. Daraus dass Gott keinem Wechsel unterworfen ist, sondern immer auf dieselbe Weise wirkt, können wir a priori zur Kenntniss der Gesetze der Natur gelangen, die in diesem Sinne als die secundären Ursachen der Bewegung zu bezeichnen sind***). Das zweite der drei Hauptgesetze, die Cartesius nun aufführt, heisst: „Jeder bewegte Körper strebt sich in einer geraden Linie weiter zu bewegen." „Dieses Gesetz", fährt er fort, „hängt davon ab, dass Gott unbeweglich ist. Er erhält daher die Bewegung in der Materie nicht so, wie sie einige Zeit zuvor hat sein können, sondern so wie sie im selben Augenblick ist, wo er sie er-

*) Paralipomena in Vitellionem cap. I. Mysterium cosmograph. praef.
**) Principes de philosophie I 28.
***) Ebend. II 36.

hält“*). Neben dieser geradlinigen Kräftewirkung statuirt er aber jene von Anfang an vorhandene Kreisbewegung aller Theile des Universums, die Wirbelbewegung, durch welche die wichtigsten Naturerscheinungen, wie die Bewegungen der Himmelskörper, Schwere, Licht, Magnetismus u. s. w., hervorgebracht werden. So steht bei Cartesius das erste Bewegungsgesetz der Natur in Widerspruch mit dem Bewegungsgesetz der abstracten Mechanik. Der Grund hierfür liegt darin, dass die Wirbelbewegung in Aristotelischem Sinne eine Bewegung ist, die ihre Ursache in sich selbst trägt, während die Mechanik sich auf solche Bewegungen beschränkt, die ihre Ursachen ausser sich haben.

Die Cartesianer hatten die theologische Erklärung durch den physischen Mechanismus verdrängt. Nur bei den obersten Principien der Mechanik hatten sie noch dem göttlichen Willen den Zutritt gestattet. Indem sie aber die richtige Einsicht, dass für den Begriff des Zwecks in der Mechanik keine Stelle sei, auch auf jene Principien ausdehnten, förderten sie nur willkürliche Herleitungen derselben aus den der Gottheit beigelegten Eigenschaften zu Tage, wobei sie noch ausdrücklich zugestanden, dass die Gottheit eben so gut die Dinge hätte anders einrichten können. Während daher die Verdrängung des Zweckbegriffs und anderer ästhetischer Begriffe aus den abgeleiteten Theilen der Physik eine dauernde Errungenschaft blieb, nahm man, um die physikalischen Axiome a priori zu deduciren trotz der Angriffe der Cartesianer fortan noch eine lange Zeit die teleologische Erklärung zu Hülfe. Mit grosser Schärfe hat diesen Standpunkt Leibnitz bezeichnet, indem er in seiner Polemik gegen die Cartesianer hervorhob, er leugne nicht, dass die Wirkungen in der Natur aus einmal festgestellten Principien mathematisch und mechanisch erklärt werden müssten, aber die Principien der Physik und Mechanik selbst seien nicht weiter aus den Gesetzen der mathematischen Nothwendigkeit abzuleiten, sondern um von ihnen Rechenschaft zu geben, müsse man eine höchste Einsicht zu Hülfe rufen**). Alles könne auf eine doppelte Weise erklärt werden: durch die Kraft oder wirkende Ursache und durch die Weisheit oder Endursache. Ihren letzten Grund habe diese Zweitheilung in dem

---

*) Principes de philosophie II 39.

**) Principium quoddem generale etc. Leibnitz's mathem. Schriften II, 2 p. 134.

Dualismus von Geist und Körper. „Gott hat die Körper wie ein Architekt eine Maschine nach mathematischen Gesetzen geschaffen; die Geister aber, die der Weisheit theilhaftig sind, regiert er wie ein Fürst seine Bürger nach den Gesetzen der Moral.“ In der Physik, die es nur mit den wirkenden Kräften zu thun hat, finden die Endursachen keine Stelle; nur dann können sie in ihr mit Nutzen angewandt werden, wenn es sich darum handelt, Vermuthungen über solche Dinge zu fassen, die mit Hülfe der wirkenden Ursachen nicht oder nur hypothetisch erklärt werden können*). Die praktische Grenze, die hier Leibnitz zwischen der physikalischen und teleologischen Naturerklärung zieht, kann in der That noch heute als gültig angesehen werden. Die Herleitung aus Zwecken greift überall da Platz, wo der Zusammenhang der physikalischen Causalität abbricht. Als die teleologische Erklärung aus der eigentlichen Physik schon verbannt war, blieb sie in der Physiologie noch immer die herrschende. Die vergleichende Physiologie kann noch heute nicht ganz derselben entbehren; hier hat erst in der jüngsten Zeit die Darwin'sche Theorie den Versuch gemacht der teleologischen Deutung die causale zu substituiren.

Da nun die obersten Principien der Physik und Mechanik nicht aus andern Principien auf dem Weg der Causalität abgeleitet werden können, so ist es vollkommen verständlich, dass man, selbst nachdem in dem Gesammtgebiet dieser Wissenschaften die teleologische Erklärung beseitigt war, doch noch zur Herleitung jener Principien an dem Zweckbegriff festhielt oder, wie sich Leibnitz ausdrückt, „eine höchste Einsicht zu Hülfe rief.“

Galilei hebt es mehrfach hervor, dass die Natur sich stets der einfachsten Mittel zur Erreichung ihrer Zwecke bediene**). In diesem Princip, das wir in ähnlicher Weise bei d'Alembert, Euler, Laplace u. A. theils ausgesprochen, theils angedeutet finden, glaubte man unmittelbar den Beweis unseres Axioms zu finden. Jede Bewegungsursache, sagte man, wirkt geradlinig, weil die gerade die einfachste Linie ist. Die einfachste Bewegung (motus simpliciter simplex) nennt Leibnitz diejenige, bei der jeder Punkt des Beweglichen mit sich und mit der Bewegung der andern Punkte möglichst übereinstimmt.

*) Leibnitz's mathem. Schriften II p. 243.

**) Mediis primis, simplicissimis, facillimis Dialog. III. Opera t. II, p. 577.

Dies findet statt, wenn weder der gegenwärtige Zustand eines Punktes von einem frühern oder spätern noch der Zustand eines Punktes von dem eines andern unterschieden werden kann. Die einfachste Bewegung ist daher gleichförmig, geradlinig, übereinstimmend (d. h. alle einzelnen Punkte behalten dieselben Distanzen), gleichförmig vertheilt und gleich gerichtet; — „an und für sich aber ist jede Bewegung die möglichst einfache. Denn an und für sich bleibt Alles so wie es ist, wenn nicht von aussen ein Grund der Veränderung hinzukommt“ *). Hierin liegt schon ein Zusammenhang mit dem Satz vom zureichenden Grund angedeutet. Wolf hat diesen Zusammenhang später ausführlich entwickelt **), und von den Mathematikern wurde der nämliche Beweis bis in unsere Tage fortwährend reproducirt. „Wenn ein Körper sich fortbewegt, weil irgend eine Bewegungsursache auf ihn eingewirkt hat“, sagt d'Alembert, „so muss er sich geradlinig weiter bewegen, denn es ist kein Grund vorhanden, dass der Körper sich mehr zur Rechten oder zur Linken entfernen sollte“ ***). „Ein Körper, der in absoluter Bewegung ist,“ heisst das dritte Axiom in Euler's Mechanik, „geht mit gleichförmiger Geschwindigkeit in gleicher Richtung fort, denn es liegt kein Grund für ihn vor nach der einen Richtung eher als nach der andern abzuweichen“ †). Fast mit denselben Worten wie d'Alembert und Euler drückt Laplace sich aus, indem er beifügt, „dieses Gesetz sei jedenfalls das natürlichste und einfachste, welches man sich denken könne“ ††). In der That ist das hier zuletzt offen ausgesprochene Princip der Einfachheit in dem vorangegangenen Scheinbeweis aus dem Causalprincip eigentlich eingeschlossen. Warum gibt es keinen Grund, aus dem ein Körper eher nach der einen als nach der andern Seite sondern nur in gerader Richtung sich bewegen soll? Doch offenbar nur, weil es am einfachsten ist, dass er die gerade Richtung einschlägt. Wenn d'Alembert sagt: es ist a priori eben so viel Grund vorhanden, dass der Körper nach rechts oder nach links abweiche, so folgt daraus nicht: der Körper weicht weder nach rechts noch nach links ab, sondern nur: es ist a priori nicht zu bestim-

*) Dynamica sect. II, cap. V pag. 8.
**) Cosmologia §. 310.
***) Traité de dynamique, p. 4.
†) Theoria motus p. 33.
††) Exposition du système du monde. 4. édit. p. 255.

men, ob und wie er abweicht. Der Fehler des Scheinbeweises liegt darin, dass er aus der gleichen Möglichkeit von Bewegungen, die nicht neben einander bestehen können, ihrer aller Unmöglichkeit folgert. Der Satz vom zureichenden Grund, auf welchen angeblich das Axiom zurückgeführt wird, ist lediglich ein Regulativ der Forschung, welches voraussetzt, dass man ein bestimmtes allgemeines Gesetz schon kennt, und welches ausspricht, dass eine neue Erfahrung erklärt ist, wenn sie auf jenes Gesetz zurückgeführt werden kann. Ueber die Richtung, in welcher eine Bewegungsursache wirkt, ist aber kein Gesetz vor unserm Axiom bekannt, sondern dieses selbst enthält gerade das Gesetz. Man kann daher nicht sagen, wie es zuweilen geschieht, das Axiom folge aus dem Satz vom zureichenden Grund. Dieser Satz dient bloss, um das Princip der Simplicität zu verstecken.

Das Axiom von der geradlinigen Wirkung der Bewegungsursachen ist nur ein besonderes Beispiel, an welchem die Anwendung des Princips der grössten Einfachheit der Naturgesetze besonders deutlich zu Tage tritt. Dasselbe hat im Gesammtgebiet der Naturforschung bis in die neueste Zeit als eine wichtige Maxime gegolten. So sind z. B. gewisse Abweichungen, die schon Arago bei der Prüfung des Mariotte'schen Gesetzes gefunden hatte, bis auf Regnault gänzlich unberücksichtigt geblieben und meistens als Versuchsfehler angesehen worden (obgleich der deutliche Beweis dass man es mit solchen nicht zu thun hatte in den Beobachtungen selber lag), lediglich weil das Gesetz, dass das Volum eines Gases sich umgekehrt wie der Druck verhält, sehr einfach ist.

Wissenschaftlich ist der Satz, die Wirkung der Kräfte sei geradlinig, weil die gerade die einfachste Linie sei, offenbar gleichwerthig mit dem andern, die natürliche Bewegung erfolge kreisförmig, weil der Kreis die vollkommenste Figur sei. Beide enthalten ein ästhetisches Zweckprincip, und Aristoteles hatte bereits der Kreisbewegung als der einfachen und vollkommenen die geradlinigen Bewegungen als die einfachen beigeordnet. Nachdem die erstere als eine aus geradlinigen zusammengesetzte Bewegung erkannt war, wurde das Princip der Vollkommenheit vollständig durch das Princip der Einfachheit verdrängt. Hierin lag aber ein wichtiger Fortschritt. Denn während das Princip der Vollkommenheit die Wissenschaft lange Zeit auf verderbliche Irrwege geführt hat, ist das Princip der Einfachheit eine äusserst fruchtbare Maxime der Forschung geworden. Indem

man sich gewöhnte die Dinge unter den möglichst einfachen Gesichtspunkten anzusehen, lernte man solche Hypothesen auf die Erscheinungen anwenden, die leicht durch die Beobachtung zu bestätigen oder zu widerlegen waren.

Noch gegenwärtig benützt daher die Naturwissenschaft das Princip der Einfachheit sehr häufig als Maxime für die Auffindung brauchbarer Hypothesen. Aber trotzdem, und obgleich uns sogar noch immer in der Einfachheit eines Gesetzes eine gewisse Bürgschaft seiner Richtigkeit zu liegen scheint, so erkennt doch die heutige Wissenschaft die Erfahrung als die höchste Richterin der Wahrheit an. Ein Gesetz hält man nicht mehr deshalb für wahr, weil es einfach ist; auch die Begründung der Axiome findet man daher nicht mehr in ihrer Einfachheit, sondern darin, dass sie sich in der Erfahrung bestätigen: sie gelten als die umfassendsten Verallgemeinerungen aus der Erfahrung.

Wir beschränken uns hier darauf, diese empiristische Grundanschauung der Gegenwart zu constatiren. Hervorheben müssen wir übrigens, dass dieselbe insofern nicht consequent ist, als sie bisher die Anwendung des Princips der Einfachheit als Maxime der Forschung nicht zu verdrängen vermocht hat. Da nun die Anwendung eines Princips den Glauben an seine Richtigkeit voraussetzt, so spricht sich in jenem Recurs an die Erfahrung eher ein blosses Misstrauen, ob unsere Erkenntnisskräfte für sich zur unfehlbaren Anwendung des Princips hinreichen, als ein Zweifel an dem Princip selbst aus. Dieser Zweifel ist, wo er sich geltend macht, ein theoretischer; die Praxis aber verlässt immer wieder den skeptischen Standpunkt, um nur bei der nachträglichen kritischen Controle auf ihn zurückzukommen. Dieser Widerspruch a priori sich geltend machender Gesichtspunkte und einer Negation aller Gesichtspunkte a priori, welcher demnach namentlich in einer Vertheilung auf die verschiedenartigen Geschäfte der Forschung unbewusst sich geltend macht, ist kennzeichnend für die heutige Wissenschaft. Diese hält leicht eine Maxime, die sie bei ihrem kritischen Geschäfte befolgt, weil dieses das letzte ist, für die allein befolgte. Eine philosophische Untersuchung der wissenschaftlichen Principien kann sich aber hierbei nicht befriedigen. Die Thatsache, dass die Praxis ein Princip immer und immer wieder als Postulat in Anwendung bringt, beweist zwar nicht, dass dasselbe der Erfahrung vorangehe, aber die Nothwendigkeit der Bestätigung in der Erfahrung beweist eben so wenig, dass das Princip aus der Erfahrung geschöpft sei.

Viertes Axiom.

Die Wirkung jeder Ursache verharrt.

Der jeweilige Zustand eines Körpers, mag es der Zustand der Ruhe oder der Bewegung sein, ist nach diesem Axiom die Summe der Wirkungen aus allen irgend einmal vorangegangenen Bewegungsursachen. Die Physiker pflegen nach dem Vorgang von Newton das Axiom in dem Satze auszudrücken: „Jeder Körper verharrt in seinem Zustand der Ruhe oder Bewegung, so lange er nicht durch die Einwirkung von Kräften gezwungen wird, seinen Zustand zu ändern.“ Durch den Nachsatz soll aber nicht etwa ausgedrückt sein, dass bei der Einwirkung neuer Ursachen plötzlich die Wirkung der vorangegangenen erlösche, sondern nur, dass in dem vorhandenen Zustand eine Veränderung eintrete. Es wird sich sogar zeigen, dass das Axiom gerade aus solchen Erfahrungen ursprünglich abstrahirt ist, in welchen das Verharren der Wirkungen vorangegangener Ursachen nach der Einwirkung neuer Ursachen nachweisbar ist. Die allgemeinere Fassung des Axioms, die wir gewählt haben, vermeidet jene Zweideutigkeit.

Kein Axiom hat eine merkwürdigere Entwicklungsgeschichte als das vorliegende. Bei den Alten galt geradezu das Gegentheil desselben als eine unbezweifelbare Wahrheit. „Cessante causa cessat effectus“ ist in der Aristotelischen Physik und noch lange nach ihr ein feststehender Grundsatz. Auf dem Standpunkt der alten Naturlehre war es nur eine Reihe von Erscheinungen, die sich diesem Grundsatze schwer zu fügen schien, und zu deren Erklärung man daher allerlei gekünstelte Hypothesen ersann, die Bewegungen geworfener Körper. Aristoteles fühlt sehr die Schwierigkeit. „Wenn alles Bewegtwerdende,“ so frägt er, „mit Ausnahme dessen, was sich von selbst bewegt, (also des im Kreisumschwung befindlichen Himmelsgewölbes und der nach ihrem „natürlichen“ Ort, d. h. nach oben oder unten, strebenden Elemente) von einem andern Ding bewegt wird, wie kommt es dann, dass Manches continuirlich bewegt wird, ohne dass das Bewegende es noch berührt, wie z. B. das Geschleuderte?“ „Nothwendig muss man dann sagen,“ so beantwortet er sich alsbald selbst seine Frage, „dass das erste Bewegende ein Anderes fähig macht selbst bewegend zu sein, wie z. B. die Luft oder das Wasser oder irgend etwas anderes dieser Art, was von Natur aus dazu bestimmt ist zu bewegen und bewegt zu werden, das

aber nicht zugleich aufhört zu bewegen und bewegt zu werden, sondern das, wenn es aufhört bewegt zu werden, selbst noch bewegend ist. Darum wird etwas dadurch bewegt, dass es an ein Anderes sich anreiht, und bei diesem ist es das nämliche Verhältniss; aufhören aber wird die Bewegung, wenn die Kraft bewegend zu sein in dem sich anreihenden kleiner wird, und ganz aufhören wird sie, wenn das Vorhergehende nicht mehr bewegend wirkt, sondern bloss bewegt wird.“ Bedingung einer solchen Bewegung ist, dass ein Theilbares, wie die Luft oder das Wasser, das Bewegte und Bewegende sei, es wird dann „die Bewegung unmöglich eine einzige, sondern nur eine sich anreihende sein können“ *). Während der Stein geschleudert wird, so ist also die Annahme, erhält zugleich die Luft einen Stoss, dieser Stoss der Luft überträgt sich theils auf weitere Lufttheilchen theils wieder auf den geschleuderten Stein u. s. f. Dass man hierbei doch den Satz „cessante causa cessat effectus“ unmerklich hatte fallen lassen, indem zwar nicht bei dem ersten Stoss, dafür aber bei den nachfolgenden Luftstössen die Bewegung über die bewegende Ursache hinaus andauern sollte, wurde vollständig übersehen. Vom Reibungs- und Luftwiderstand hatte man noch keine Vorstellung. Man nahm an, die „gewaltsamen“ Bewegungen oder vielmehr jene Luftstösse, welche die Andauer derselben erzeugten, würden allmälig von selbst schwächer, um endlich ganz zu erlöschen. Dieses „von selbst“ ist ein merkwürdiges Beispiel der Neigung sich von dem Nachdenken über allgewohnte Erscheinungen zu entbinden. Dass eine fortgerollte Kugel allmälig zur Ruhe kommt, fand man noch selbstverständlich zu einer Zeit, da man sich schon Scrupel darüber machte, warum sie überhaupt in Bewegung kommt.

Die Aristotelische Erklärung der Wurferscheinungen blieb im wesentlichen gültig bis auf Galilei. Die physikalischen Hypothesen, die man bei der Wiedererweckung der astronomischen Studien zur Erklärung der himmlischen Bewegungen ersann, wurden in Folge des Festhaltens an dem Axiom der Gleichzeitigkeit von Ursache und Wirkung seit dem Sturz des Ptolemäischen Systems noch verwickelter, als sie vorher gewesen waren. Unsichtbare Bänder oder Ausstrahlungen einer feinen Materie wurden zu Hülfe gerufen, um die Bewegungen im Sonnensystem begreiflich zu machen. Vor Allen hat sich Kepler mit der Aufstellung solcher

*) Physik VIII. 10.

„physikalischer Hypothesen“ abgequält. Sein Werk über die Marsbewegungen bietet interessante Belegstücke *). „Dass, wenn zwei Dinge gleichzeitig und auf dieselbe Weise geschehen und die gleiche Dauer haben, das eine die Ursache des andern oder beide die Wirkung einer und derselben Ursache seien,“ diesen Satz nennt er das gebräuchlichste Axiom der Naturphilosophie **).

Galilei stellt schon im ersten seiner Dialoge Definitionen von der gleichförmigen und beschleunigten Bewegung auf, die andeuten, dass er im Besitz des Axioms ist. Im dritten Dialog wird es dann bei Gelegenheit der Erscheinungen des Falls schwerer Körper, also der gleichförmig beschleunigten Bewegung, entwickelt. Er legt hier eine doppelte Ableitung zu Grunde, die Uebereinstimmung mit dem Princip der Einfachheit und die Bestätigung durch die Erfahrung. „Das Richtige,“ sagt er, „haben wir dann getroffen, wenn das Wesen der beschleunigten Bewegung in der Natur mit der Definition beschleunigter Bewegung, die wir aufstellen, übereinstimmt; ersinnen können wir uns nach Willkür jede Art von Bewegung.“ Er bringt jetzt die oben berührte Auseinandersetzung, dass die Natur immer die einfachsten und leichtesten Mittel wähle, und fährt dann fort: „Wenn ich also einen Stein, der aus der Höhe herabfällt, immer neue Zuwüchse an Geschwindigkeit annehmen sehe, warum soll ich nicht glauben, dass solche Zuwüchse auf die einfachste und vernunftgemässeste Weise erfolgen? Wenn wir aber die Sache aufmerksam betrachten, so werden wir keine einfachere Zunahme auffinden als diejenige, die immer in derselben Weise hinzufügt ***).“ Unser Axiom selbst ist in diesem Beweis der gleichförmig beschleunigten Bewegung nur stillschweigend mit inbegriffen. Directer ausgesprochen wird dasselbe in einem zusammenfassenden Rückblick im Anfang des vierten Dialogs: „Dass ein Körper,“ so heisst es hier, „den man auf einer horizontalen Ebene fortwirft, sich, wenn jedes Hinderniss vermieden wird, gleichförmig und, wenn die Ebene unbegrenzt ist, beständig weiter bewegt, steht nach dem früher ausführlich gesagten fest. Wenn aber die Ebene begrenzt ist und sich in der Höhe befindet, so wird der Körper, von dem ich annehme, er besitze Schwere, sobald er an

*) Opera ed. Frisch T. III. Vergl. namentlich cap. 33, 34, 39 und 63, sowie die Einleitung.

**) Ebend. cap. 33.

***) Dialog IV. opera vol. II p. 577.

der Grenze der Ebene ankommt und sich weiter fortbewegt, seiner früheren gleichförmigen und unzerstörbaren Geschwindigkeit diejenige Neigung nach abwärts zu fallen hinzufügen, die er von seiner eigenen Schwere hat, und es wird so eine Bewegung entstehen, die aus der gleichförmigen horizontalen und der beschleunigten nach abwärts gerichteten Bewegung, der Fallbewegung, zusammengesetzt ist“ *). Es folgt dann der Nachweis, dass die Wurflinie eine Parabel sei. Man sieht aus diesen Belegstellen, dass das Axiom von seinem Entdecker unmittelbar aus den Fallerscheinungen, d. h. aus solchen Beobachtungen abstrahirt ist, in welchen aus einer Häufung der Wirkungen auf ein Verharren der Ursachen geschlossen werden muss. Hiermit war das Axiom zugleich fruchtbringend gemacht für die Aufgabe der Zerlegung zusammengesetzter Kräftewirkungen in ihre Componenten, so dass nicht bloss die beschleunigte sondern auch die krummlinige Bewegung sowie der Satz vom Parallelogramm der Kräfte sich aus demselben entwickeln liess. Man hat das Gesetz von der Zusammensetzung und Zerlegung der Kräfte zuweilen wie ein besonderes Axiom behandelt, offenbar aber umfasst dasselbe nur Anwendungen des Axioms vom Verharren der Wirkung auf solche Fälle, in welchen die Bewegungsursachen nach verschiedenen Richtungen des Raumes wirken.

Es scheint übrigens, dass unser Axiom gerade in seiner Anwendung auf zusammengesetzte Bewegungen anfänglich den Physikern und Philosophen besondere Schwierigkeiten machte. Man konnte sich nicht denken, dass zwei Bewegungen zusammentreffen, ohne sich theilweise zu vernichten. So behauptete Cardanus, es sei selbstverständlich, dass ein Körper, auf den zwei Kräfte gleichzeitig wirkten, später zum Ziel gelangen müsse, als wenn die Kräfte nach einander auf ihn wirkten **), und selbst Descartes hatte über diesen Gegenstand unklare und unrichtige Vorstellungen. Er meint z. B., zwei vollkommen gleiche Körper, die sich mit gleicher Geschwindigkeit und in gerader Linie gegen einander bewegen, würden nach ihrem Zusammentreffen zurückprallen und mit derselben Geschwindigkeit wieder auf ihrem früheren Weg zurückkehren ***); ja noch Kant führt in seiner Abhandlung „von der wahren Schätzung der lebendigen Kräfte“

*) Dialog. X, opera vol. II, p. 631.

**) Cardani opera vol. X. p. 410.

***) Principes de la philosophie, oeuvres publ. par Cousin, T. III p. 160.

aus, die Regel, dass kein Körper seinen Zustand der Ruhe oder Bewegung ausser durch äussere Kräfte ändere, sei mathematisch richtig, gelte aber nicht uneingeschränkt von den Körpern der Natur *). Derartige Ansichten waren selbst noch unter den Physikern des vorigen Jahrhunderts verbreitet. Descartes wurde in die Widersprüche mit unserm Axiom, das er doch anerkannte und seiner Gewohnheit gemäss aus der Unveränderlichkeit Gottes ableitete, durch seine Lehre von der Erhaltung der Quantität der Bewegung getrieben. Sie war die Ursache, dass auch später noch gerade in den auf die Zusammensetzung der Bewegungen bezüglichen Anwendungen des Axioms irrthümliche Meinungen herrschten, welche bei der unvollkommnen Kenntniss, die man von den Molecularkräften und der Transformation der Naturkräfte besass, zuweilen in der Erfahrung eine Stütze zu finden schienen. Wir werden auf diese Quellen des Irrthums, die von unserm gegenwärtigen Weg abliegen, bei der Besprechung des sechsten Axioms zurückkommen.

Newton stellte das Axiom als das erste seiner drei Bewegungsgesetze in der noch heute gebräuchlichen Form auf. Ausserdem aber anticipirt er dasselbe bereits in der dritten der vorausgehenden Definitionen, welche aussagt: „Eine der Materie innewohnende Kraft ist das Vermögen des Widerstandes, wodurch ein Körper, so viel er vermag, in seinem Zustand der Ruhe oder der geradlinigen Bewegung verharrt“ *). Diese ursprüngliche Kraft der Materie nannte Newton Trägheit, inertia, ein Ausdruck, den schon Kepler benützt hatte, um den Widerstand zu bezeichnen, den die Körper bewegenden Kräften entgegensetzen, der von nun an aber in dem erweiterten Sinne gebraucht wurde, in welchem er überhaupt das Streben in dem gerade vorhandenen Zustand zu verharren bezeichnen sollte. Dieses doppelte Auftreten des nämlichen Satzes, in der Gestalt des Axioms und der Definition, ist nicht ohne Bedeutung. Als Axiom bezeichnet er eine Verallgemeinerung aus der Erfahrung, die Definition aber will ihn aus dem Wesen der Materie herleiten. Dies ist nun die allereinfachste Begründung a priori, die man einem Erfahrungsgesetz geben kann, dass man es auf eine ursprüngliche, selbst nicht weiter erklärte Eigenschaft des Stoffs zurückführt. Der Versuch einer solchen Erklärung beweist streng genommen nur, dass man

*) Kant's Werke, Ausgabe von Rosenkranz u. Schubert, Bd. 5 S. 197.

*) Philosophiae naturalis principia mathem. p. 2 et 13.

eine Begründung jenseits der Erfahrung für nothwendig hält, aber keine zu finden weiss. Denn ist die Erfahrung genug, um das Axiom festzustellen, wozu dann noch eine verborgene Kraft der Materie? Ist aber die Erfahrung für sich nicht zureichend, so ist jene Kraft nur ein Ausdruck für die Thatsache. Diese Zurückführung auf unerklärliche Eigenschaften der Materie ist eine ontologische Umschreibung des Geständnisses, dass kein anderer Erklärungsgrund als die Erfahrung gefunden werden kann, obgleich das Bedürfniss vorhanden ist einen solchen zu suchen. Daher auch die unüberwindliche Neigung jene ontologische Umschreibung ohne weiteres als einen Erklärungsgrund gelten zu lassen.

Man findet das Wort Trägheit in dem Sinne einer wirklichen Eigenschaft oder sogar Kraft der Materie bis in unsere Tage herein von den Physikern gebraucht. Euler widmete den *inneren* Ursachen der Bewegung ein besonderes Capitel seiner Mechanik. „Die Trägheit," sagt er, „ist die wahre *Ursache*, warum die Körper im selben Zustand verharren, und da sie *im* Körper zu suchen ist, so ist sie ohne Zweifel eine gemeinsame Eigenschaft aller Körper. Das Wort *Trägheit* wird angewandt, um anzuzeigen, dass die Körper dem Uebergang aus der Ruhe in die Bewegung einen Widerstand entgegensetzen; da sie sich aber auch der Aenderung der Bewegung widersetzen, so ist das Wort auch hierauf auszudehnen" *). Von einer *vis inertiae* zu reden, wie gewöhnlich geschehe, hält übrigens Euler für nicht ganz geeignet, da man sonst unter vis nur eine Ursache verstehe, durch die ein Körper seinen Zustand *verändere*, nicht eine solche, durch die er ihn *beibehalte* **). Diese Stelle zeigt sehr deutlich, dass man das Axiom von dem Verharren der Wirkung eigentlich

---

*) Diese Ausdehnung des Begriffs der Trägheit auf den Uebergang aus Bewegung in Ruhe bot, wie es scheint, Schwierigkeiten. Die Philosophen waren noch lange Zeit geneigt, die vis inertiae als eine blosse Widerstandskraft gegen die Bewegung zu definiren. So z. B. Chr. Wolf, der ihre Existenz unmittelbar aus dem Satz vom zureichenden Grunde, dem obersten Princip seiner Ontologie, folgert. Wollte man annehmen, sagt Wolf, es existire in dem Körper keine Kraft, durch welche er dem Stoss eines andern widerstände, so würde er bei jedem Zusammenstoss auf völlig gleiche Art in Bewegung gerathen: die Bewegung würde dann ein „casus purus" d. h. ein Geschehen ohne zureichenden Grund. S. Cosmologia §. 94. Ontologia §. 321.

**) Theoria motus, p. 35, 36.

immer noch unbegreiflich fand. Um die Fortdauer der Bewegung nach dem Aufhören der äusseren Ursache zu erklären, schuf man in der Trägheit eine neue, innere Ursache. So lag der vis inertiae doch wieder der Gedanke zu Grunde, jede Wirkung müsse eine sie begleitende Ursache haben. Dafür, dass ein einmal in Bewegung gesetzter Körper, auf den keine Kraft mehr einwirkt, sich gleichförmig weiter bewegt, führt Euler folgenden Beweis: „Wenn die Geschwindigkeit nicht gleichförmig sein sollte, so müsste sie entweder zu- oder abnehmen. Beides wäre widersinnig. Denn die Zu- oder Abnahme der Geschwindigkeit müsste nach einem gewissen Gesetze geschehen. Es wäre aber unbegreiflich, was dieses für ein Gesetz sein sollte, da keinem vor dem andern der Vorzug zukäme. Wenn Einer vielleicht sagte, die Geschwindigkeit müsse im Verhältniss der Zeit abnehmen, so müsste er angeben, wie viel Geschwindigkeit in einer bestimmten Zeit verloren gehe.“ Wir haben es hier mit einem ähnlichen Scheinbeweis zu thun, wie wir ihn bei dem Axiom von der geradlinigen Wirkung der Kräfte vorfanden. Auch hier wird damit nur die Behauptung umschrieben, die Bewegung müsse gleichförmig erfolgen, weil dies so am einfachsten sei. Nachdem also zuerst die Fortdauer der Bewegung auf eine innere Ursache des Körpers zurückgeführt ist, wird ihre Gleichförmigkeit aus dem Princip der Einfachheit abgeleitet, und nun ist das Axiom glücklich aus einem ontologischen und einem ästhetischen Lappen zusammengeflickt.

D'Alembert, der hinsichtlich der Begriffe Ursache, Wirkung, Kraft u. s. w. den Grundsätzen des äussersten Skepticismus huldigte, sucht den Beweis zu führen, dass es für den thatsächlichen Inhalt unseres Axioms ganz gleichgültig sei, welche Annahme man auch hinsichtlich des Beharrens der Wirkung mache. „Ein einmal in Bewegung gesetzter Körper,“ sagt er, „muss darin gleichförmig und in gerader Linie verharren, vorausgesetzt dass keine neue Ursache auf ihn einwirkt. Denn entweder genügt die untheilbare und augenblickliche Einwirkung der bewegenden Ursache im Anfang der Bewegung, damit der Körper einen gewissen Raum durchlaufe, oder der Körper hat zu seiner Bewegung die fortgesetzte Wirkung der Ursache nöthig. Im ersten Fall ist es deutlich, dass der durchlaufene Raum nur eine mit gleichförmiger Geschwindigkeit beschriebene gerade Linie sein kann; denn wenn der erste Augenblick vorüber ist, so besteht die Wirkung der Ursache nicht mehr, aber die Bewegung dauert

fort: diese wird also nothwendig gleichförmig sein, denn der Körper kann nicht von selbst seine Bewegung beschleunigen oder verzögern.“ (Ausserdem muss sie geradlinig sein aus den schon früher angeführten Gründen.) „Im zweiten Fall bestimmt (weil man voraussetzt, dass keine andere Ursache einwirkt) nichts die bewegende Ursache sich zu vergrössern oder zu vermindern. Daraus folgt, dass ihre Wirkung gleichförmig sein wird, und dass daher während ihrer Einwirkung der Körper sich gleichförmig und in gerader Linie bewegt“ *). Hierin ist offenbar nur die gewöhnliche Schlussfolge umgekehrt. Dass die irgendwie entstandene Bewegung gleichförmig andauert, so lang nicht eine neue Ursache einwirkt, wird als Erfahrungsaxiom vorausgesetzt. Will man nun z. B. einen momentanen Stoss auch eine momentane Ursache nennen, so muss man annehmen, dass die Wirkung nach dem Aufhören der Ursache gleichförmig andauere, will man aber die Ursache so lange gegenwärtig nennen, als sie wirkt, so hat man eben die Ursache mit ihrer Wirkung verschmolzen, und man muss dann annehmen, dass die Ursache gleichförmig andauert. Es ist klar, dass dies lediglich auf einen Wortstreit hinausläuft. Aber dieser anscheinend nichtige Wortstreit beweist, dass man dem Satz „cessante causa cessat effectus“ zu einer Zeit, da er durch die Wissenschaft schon lang überholt war, immer noch eine a priori einleuchtende Berechtigung zuerkannte. Nur das Gefühl dieser Berechtigung konnte den berühmten Mathematiker veranlassen, den an und für sich widersinnigen Beweis führen zu wollen, dass es für die Erklärung der Erscheinungen gleichgültig sei, ob man sie aus jenem Satz oder aus seinem Gegentheil ableite. „Alle Beweise,“ fährt d'Alembert fort, „die man bisher von der Erhaltung der Bewegung gegeben hat, haben nicht die erforderliche Evidenz. Sie sind beinahe alle entweder auf eine Kraft, die man sich in der Materie ruhend denkt, oder auf die Indifferenz der Materie gegen Bewegung oder Ruhe gegründet. Das erste dieser beiden Principien, abgesehen davon, dass es ein unbekanntes Wesen im Innern der Materie voraussetzt, genügt nicht, um das fragliche Gesetz zu beweisen. Denn ein Körper, der sich gleichförmig bewegt, befindet sich in jedem Augenblick genau genommen in einem neuen Zustand, er fängt so zu sagen beständig an sich zu bewegen, und man könnte glauben, er strebte unaufhörlich zur Ruhe zurückzukehren, wenn

*) Traité de dynamique p. 4.

dieselbe Ursache, die ihn zuerst bewegt hat, nicht fortführe dies zu thun. Das Princip der Indifferenz der Materie gegen Bewegung oder Ruhe scheint mir zu sagen, dass es für die Materie nicht wesentlich ist sich immer zu bewegen oder immer in Ruhe zu sein; aber es folgt nicht aus diesem Gesetz, dass ein in Bewegung befindlicher Körper nicht fortwährend zur Ruhe zurückzukehren strebt, nicht als ob ihm die Ruhe wesentlicher als die Bewegung wäre, sondern weil es scheinen könnte, um in Ruhe zu sein, brauche der Körper nur ein Körper zu sein; zur Bewegung sei aber noch etwas Weiteres nöthig, das fortwährend in ihm erzeugt werden müsse. Der Beweis, den ich gegeben habe, hat das Besondere, dass er in gleicher Weise statthaft ist, mag die bewegende Ursache immer auf den Körper wirken müssen oder nicht. Nicht als ob ich die continuirliche Wirkung der Ursache zur Bewegung des Körpers erforderlich hielte; denn wenn die augenblickliche Wirkung nicht genügte, was wäre dann der Erfolg dieser Wirkung? und wie könnte dann die continuirliche Wirkung einen Erfolg haben? Aber da man zur Lösung einer Frage möglichst wenig Principien anwenden soll, so habe ich geglaubt, mich auf den Beweis beschränken zu müssen, dass die Bewegung unter beiden Voraussetzungen sich fortsetzen muss.“ Zu viel beweisen heisst leider nichts beweisen. Aus der ganzen Deduction leuchtet hervor, dass ihr Urheber zwischen der Denkbarkeit des Verharrens odes des Verschwindens der Wirkung nach dem Aufhören der Ursache hin- und herschwankt und daher schliesslich aus Verlegenheit einen Beweis wählt, der mitten zwischen beiden Annahmen hindurchgeht. Dass dieser Beweis wieder auf das Princip der Einfachheit zurückführt, brauchen wir nach den unter dem vorigen Axiom beigebrachten Bemerkungen hier nicht näher auszuführen.

Jenes Schwanken aber zwischen unserm Axiom und seinem Gegentheil beruht auf einem Widerstreit im Causalbegriff, der zu einer Antinomie in dem Begriff der Wirkung führt, wornach dieselbe einmal als der durch die Ursache gesetzte Process und das andere Mal als der durch sie hervorgerufene Zustand aufgefasst wird. Diese Begriffsvertauschung wurde begünstigt, indem man sich vielfach zur Veranschaulichung des Verhältnisses von Ursache und Wirkung solcher Beispiele bediente, die nicht dem Gebiet der Physik angehörten, oder in denen die Wirkung nur als Process klar vor Augen liegt, während sie als dauernder Zustand nicht unmittelbar beobachtet werden kann. Hierdurch wurden

gerade Philosophen von streng empiristischer Richtung veranlasst die Allgemeingültigkeit unseres Axioms zu bestreiten. „Eine Pflugschaar bleibt eine Pflugschaar“ sagt John Stuart Mill, „wenn auch das Erhitzen und Hämmern nicht fortgesetzt wird, und sogar wenn der Mann, der sie gemacht hat, zu seinen Vätern versammelt worden ist. Die Beleuchtung dagegen, welche die Sonne über die Erde verbreitet, hört auf, wenn die Sonne untergeht.“ Er meint daher, es seien verschiedene Fälle zu unterscheiden. „Die Bedingungen, welche zur ersten Erzeugung einer Naturerscheinung nothwendig sind, sind manchmal auch zu ihrer Fortdauer nothwendig, aber gewöhnlich erfordert diese Fortdauer nur negative Bedingungen. Einmal hervorgebracht dauern die meisten Dinge fort, bis sie durch etwas verändert oder vernichtet werden; manche aber verlangen die beständige Gegenwart der Agentien, welche sie zuerst hervorbrachten“ *). Hier wird also das Axiom von dem Verharren der Wirkung zwar als die Regel, doch keineswegs als eine Regel ohne Ausnahmen hingestellt. Ein Axiom mit Ausnahmen ist aber natürlich kein Axiom mehr.

Die scheinbaren Ausnahmen verschwinden, wenn man nicht die unmittelbare sinnliche Beobachtung, sondern die durch die Wissenschaft geläuterte Erfahrung zum Massstabe nimmt. Die leuchtende Wirkung der Sonne hört allerdings auf, wenn die Sonne untergegangen ist, aber die Wirkung ihrer leuchtenden Strahlen verharrt. Da wir es mit einem physikalischen Axiome zu thun haben, so müssen wir auch den Begriff der Wirkung, der in ihm vorkommt, im streng physikalischen Sinne nehmen. Und im physikalischen Sinne giebt es keine Wirkung ausser der Bewegung. Nun ist allerdings auch das Verharren der Bewegung in unveränderter Form ein neuer Fall, der in der Wirklichkeit nie zur Beobachtung kommt. Um daher das Axiom zu beweisen, muss man zeigen, dass die Wirkung auch bei allen Transformationen der Bewegung verharrt. Hier hängt aber dieses vierte unmittelbar mit dem sechsten Axiom zusammen, bei dessen Besprechung wir an die gegenwärtigen Betrachtungen werden anzuknüpfen haben.

Fragen wir uns nun endlich nach dem tieferen Grunde jenes immer wiederkehrenden Bestrebens der Aufeinanderfolge von Ursache und Wirkung eine strenge Gleichzeitigkeit zu substituiren,

*) Mill, System der deductiven und inductiven Logik. Uebers. von Schiel. 2. Aufl. Bd. II S. 404.

so deuten schon die Beweise, die man für diese Gleichzeitigkeit zu führen sucht, darauf hin, dass man es dem Begriff der Causalität widerstreitend findet, Ursache und Wirkung zeitlich aus einander zu reissen. Zu jeder Ursache muss ich mir eine Wirkung und zu jeder Wirkung eine Ursache hinzudenken. Dieser logische Zusammenhang wird übertragen auf den zeitlichen Verlauf der Erscheinungen. Weil Ursache und Wirkung dem Begriff nach zusammengehören, sollen sie auch der Zeit nach untrennbar sein. Es ist lediglich eine andere Form jener Anwendung unserer Begriffe auf die Erscheinungen, die uns beim ersten Axiom schon begegnet ist.

Fünftes Axiom.

Jeder Wirkung entspricht eine ihr gleiche Gegenwirkung.

Erfahrungen, die dem Axiom von der Gleichheit der Wirkung und Gegenwirkung zu subsumiren sind, bieten sich schon der oberflächlichsten Beobachtung dar. Wenn wir einen Druck auf einen Körper ausüben, so erfahren wir von demselben einen mit dem Druck wachsenden Gegendruck. Wenn wir eine Büchse losschiessen, so bewirkt der heftige Stoss, den die Ladung gegen die Luft ausübt, einen uns sehr fühlbaren Gegenstoss. Wenn wir einen Magneten und ein Stück Eisen, beide beweglich, in gegenseitige Nähe bringen, so geräth sowohl das Eisen als der Magnet in Bewegung. Nichts destoweniger ist das Axiom ziemlich spät und jedenfalls nicht vor den beiden vorigen aufgefunden worden. Die Geschichte seiner Entdeckung bietet einige Schwierigkeiten, weil man es längere Zeit schon stillschweigend vorausgesetzt hatte, ehe man ihm einen präcisen Ausdruck gab.

Wir wollen uns nicht dabei aufhalten, dass sehr frühe Andeutungen vorkommen, die auf eine Kenntniss unseres Axioms bezogen werden könnten, dass z. B. von einem Gegenstoss der Luft beim Wurf der Körper geredet wurde und auch Aristoteles gelegentlich die Frage aufwirft, ob der geworfene Körper gegen die werfende Kraft reagire. Die eigentliche Feststellung des Axioms fällt, wie es scheint, erst mit jener fruchtbaren Uebertragung der schon längst klar erfassten Begriffe der Statik auf die Dynamik zusammen, welche hauptsächlich an die Namen Galilei und Stevinus geknüpft ist. Als Maass der statischen Kräfte galt seit Archimedes der Druck, den ein Körper auf seine Unterlage ausübt. Von dem Augenblick an, da man diesen Druck

auch als Maass der Wirkung bewegter Körper zu gebrauchen suchte, war das Axiom thatsächlich gefunden. Denn man musste nun annehmen, dass, wenn ein Körper mit einem zweiten zusammentrifft, nothwendig jeder dieser Körper auf den andern eine Wirkung äussern müsse, da ja jeder auf den andern einen Druck ausübe, und um zu begreifen, dass Wirkung und Gegenwirkung einander gleich seien, bedurfte es jetzt nur noch eines kleinen Schrittes. Dieser Schritt bestand darin, dass man neben der Masse, die bei der Ruhe allein in Rücksicht fällt, für die Bewegung auch die Geschwindigkeit in Betracht zog und demnach als die Kraft eines bewegten Körpers nicht, wie in der Statik, das Gewicht, sondern das Product des Gewichts in die Geschwindigkeit fesstellte. Hierzu gaben aber zunächst statische Betrachtungen Veranlassung. Galilei hat zuerst den schon in dem Hebelgesetz des Archimedes versteckt liegenden Satz ausgesprochen, dass zwei Gewichte mit einander im Gleichgewicht stehen, wenn sie sich umgekehrt verhalten wie die Geschwindigkeiten, welche sie zu erzeugen streben *), er ist dadurch der eigentliche Entdecker des so genannten Princips der virtuellen Geschwindigkeiten. Was wir jetzt als Product der Kraft in ihre virtuelle Geschwindigkeit bezeichnen, nannte er „momentum", und denselben Ausdruck brachte er auch bei dynamischen Betrachtungen zur Anwendung. Hierin liegt die erste Andeutung einer Messung der bewegenden Kräfte durch das Product der Masse in die Geschwindigkeit, welches Product man späterhin als „Quantität der Bewegung" bezeichnete, und welches insbesondere durch Descartes als das Grundprincip der Mechanik aufgestellt wurde. Aber Descartes verfiel gerade bei der Anwendung dieses Princips auf den Stoss der Körper in schwere Irrthümer, die den Beweis liefern, dass er von der Gleichheit der Wirkung und Gegenwirkung noch keine Vorstellung besass. Das Princip von der Erhaltung der Quantität der Bewegung ist ihm ein Postulat, mit welchem alle Erscheinungen in Einklang gebracht werden müssen, und er beruft sich bei Gelegenheit der Phänomene des Stosses, wo unser Axiom zu einer richtigen Theorie unerlässlich gewesen wäre, lediglich darauf, dass es für die Gültigkeit seines Princips indifferent sei, welche Richtung die Bewegung habe. Hieraus erklären sich denn auch Irrthümer, wie der oben schon gelegentlich angeführte, dass zwei mit gleicher Geschwindigkeit sich treffende

*) Dialog II. p. 589.

starre Körper von völlig gleicher Beschaffenheit an einander zurückprallen sollen.

„Eine Bewegung," sagt er, „ist nie einer andern Bewegung, sondern nur der Ruhe entgegengesetzt, und der langsameren Bewegung eines andern Körpers bloss insofern, als diese an der Natur der Ruhe Theil nimmt; ebenso steht die Richtung, nach der sich ein Körper bewegt, nur zu dem Widerstand anderer Körper, die er auf seinem Wege trifft, im Gegensatz"*). Nicht aus dem mechanischen Axiom der Gleichheit von Wirkung und Gegenwirkung sondern aus dem Gegensatz der Begriffe von Ruhe und Bewegung werden also die Gesetze des Stosses abgeleitet. Jene Neigung die Erscheinungen aus Begriffsgegensätzen zu erklären, welche die Physik der Alten kennzeichnete, sehen wir hier noch mitten in die Entwickelung der neuern Mechanik hereinragen; im weiteren Gebiet der physikalischen Erscheinungen machte sie bekanntlich noch im gegenwärtigen Jahrhundert sich geltend.

Der Erste, der mit Voraussetzung unseres Axioms eine richtige Anwendung des Descartes'schen Princips auf die Mittheilung der Bewegung beim Stoss harter und elastischer Körper machte, scheint Wallis gewesen zu sein**). Von nun an liegt es den mathematischen Abhandlungen über diesen und ähnliche Gegenstände ausnahmslos zu Grunde. Als kennzeichnend für den wissenschaftlichen Gedankengang, der zur definitiven Feststellung des Axioms führte, wollen wir hier nur die von Leibnitz im zweiten Theil seines „specimen dynamicum" gegebene Ableitung erwähnen. Leibnitz bezeichnet sehr klar den Irrthum seines philosophischen Gegners. Cartesius, sagt er, habe zwar die Bewegung richtig als die Ortsveränderung eines Körpers in Bezug auf einen andern definirt, aber in seinen Folgerungen habe er diese Definition wieder vergessen und die Regeln der Bewegung so festgestellt, als wenn dieselbe etwas Reales und Absolutes wäre. Bei der Feststellung der Bewegungsgesetze müsse aber auf die Relativität aller Bewegung Rücksicht genommen werden, und niemals sei aus dem Effect des Stosses ein Rückschluss zu machen, welcher der Körper zuvor in Ruhe oder in Bewegung gewesen sei. Hieraus folge unmittelbar, dass beim Zusammenstoss zweier Körper der Effect zwischen beiden sich gleich

*) Principes de la philosophie, oeuvres t. III p. 159.
**) De motu, pars III, 1671.

vertheilen müsse, dass also beide beim Zusammenstoss gleich wirksam seien, d. h. dass die Hälfte des Effects von der Action des einen, die Hälfte von der Action des andern Körpers herstamme. „Die Action eines Körpers hat immer eine Reaction zur Folge, und beide sind einander gleich und entgegengesetzt gerichtet“*).

Bei Newton endlich finden wir dem Axiom erst seine volle Bedeutung zuerkannt, indem es als das dritte und letzte der allgemeinen Bewegungsgesetze aufgeführt wird. Zur Begründung desselben verweist Newton einfach auf die Erfahrung**).

So hat dieses Axiom anscheinend ohne jenen Kampf gegen die widerstrebende Speculation sich entwickelt, der die Feststellung der andern Axiome aufhielt. Dennoch sind auch hier die Spuren eines solchen Kampfes zu finden. Nur treten die Widersprüche, die das begriffsmässige Denken gegen dasselbe erhebt, erst in einer späteren Phase der philosophischen Ideenentwicklung zu Tage, zu einer Zeit, da das Axiom schon in den festen Besitz der Wissenschaft übergegangen war. Der Kampf nimmt daher eine andere Form an. Der Philosoph negirt nicht das Axiom, um sein Gegentheil an die Stelle zu setzen, sondern er zwingt die sich sträubenden Begriffe den Forderungen der physikalischen Thatsachen sich anzupassen.

Wir haben hervorgehoben, dass Leibnitz das Princip der Wirkung und Gegenwirkung physikalisch vollkommen klar erfasst hatte. Um so befremdlicher klingt die philosophische Begründung, die er demselben zu geben sucht. „Die Kraft ist etwas Reales und Absolutes, die Bewegung gehört zur Klasse der relativen Phänomene, die Wahrheit aber wird nicht so sehr an den Phänomenen als an den Ursachen erkannt.“ Dies ist der Satz, von welchem seine Erörterungen ausgehen. Die Kraft ist daher gebunden an die Substanz, und sie kann nicht von einer Einzelsubstanz in die andere überfliessen. Hieraus folgert er, „dass jedes Leiden eines Körpers (z. B. beim Stosse) spontan sei oder aus einer innern Kraft bei einer äussern Gelegenheit geschehe,“ d. h. „dass das Leiden eines jeden von der in ihm selbst vorhandenen Wirkung herzuleiten ist, ohne dass etwas von der Wirkung des einen auf den andern überströmte“***). Auch die

*) Leibnitz specimen dynamicum pars II (mathem. Werke VI p. 252).
**) Principia philos. math. p. 14.
***) A. a. O. p. 251.

Erfahrung gestatte ja einen influxus physicus zu vermeiden, da beim Zusammenstoss zweier Körper der Effect zwischen denselben sich gleich vertheile und also angenommen werden dürfe, dass jeder nur von seiner eigenen Thätigkeit leide.

Ist die thätige Kraft nach der Grundvoraussetzung der Monadenlehre das Wesen der Substanz, und ist die Substanz ein für sich abgeschlossenes Einzelwesen, so ist der Begriff der Wechselwirkung ein Widerspruch; jede Wirkung wird eine causa sui, und um der äusseren Causalität, die sich in der Erfahrung darbietet, zu genügen, wird diese zu einer blossen Gelegenheit herabgesetzt. Es ist dies der Gedanke, welcher der prästabilirten Harmonie zu Grunde liegt, und durch den Leibnitz das in der älteren Metaphysik eine so grosse Rolle spielende Problem des „influxus physicus" in Bezug auf das Verhältniss zwischen Körper und Seele zu lösen suchte. Wir haben es hier mit einer Uebertragung dieses Gedankens auf die rein physische Wechselwirkung zu thun. Der Consequenz, dass die Körper sich von selbst (ohne äussere Ursache) bewegen — gegen welche er sich ausdrücklich verwahrt — geht Leibnitz aus dem Wege, indem er den physikalischen Satz aufstellt, jede Veränderung eines Körpers geschehe durch die innere Kraft, diese Kraft aber komme zur Wirkung in Folge des Zusammenstosses mit andern Körpern. Mechanisch könne daher die Sache auch so betrachtet werden, als seien bloss äussere Kräfte wirksam, d. h. wie Leibnitz es ausdrückt: die inneren Kräfte können in der Mechanik entbehrt werden. Durch eine Art getrennter Buchführung erfolgt demnach die formelle Lösung des Widerspruchs.

Da wir hier nur beabsichtigen die wissenschaftliche Gedankenentwicklung bis zu denjenigen Punkten zu zeichnen, wo sie am klarsten in ihren Consequenzen sich geltend macht, und die Verfolgung der weiteren Ausläufer jener Entwicklung bis in die Gegenwart herab nicht in dem Plan dieser Darstellung liegt, so wollen wir hier nur flüchtig darauf hinweisen, dass ein neuerer philosophischer Denker, der in vieler Beziehung an Leibnitz erinnert, den angezeigten Widerspruch durch die Aufhebung des Begriffs der Undurchdringlichkeit zu beseitigen suchte. Dadurch wurde er in den Stand gesetzt die Thesis, dass die körperliche Substanz durch Kräfte, die ausser ihr liegen, nicht bestimmt werden kann, aufrecht zu halten und dennoch die inneren Kräfte seines Vorgängers aus der Metaphysik zu verbannen oder, wenn man will, aus actuellen in potentielle Kräfte zu verwandeln, denn

als solche kann man die ursprünglichen qualitativen Gegensätze der Einzelsubstanzen bei Herbart wohl ansehen, da diese Gegensätze, sobald sich die Wesen durchdringen, zu Störungen und Selbsterhaltungen beziehungsweise Bewegungen führen*).

Als die Wurzel der geltend gemachten Widersprüche, dürfen wir denselben anscheinend a priori einleuchtenden Satz bezeichnen, dessen verhängnissvolle Bedeutung wir schon bei anderer Gelegenheit kennen lernten, den Satz nämlich: „Kein Ding kann einwirken wo es nicht ist.“ Aber während man früher hieraus nur die Berührung als nothwendige Bedingung einer Wirkung folgerte, sah Leibnitz damit die Schwierigkeit noch nicht beseitigt. Sollen zwei einander berührende Körper auf einander wirken, so muss Kraft von dem einen auf den andern übergehen. Nun besteht in der Kraft nach Leibnitz'scher Auffassung das Wesen der Substanz, es müsste also von der einen in die andere Substanz überfliessen, was undenkbar ist, da dann die getrennte, ausgedehnte Substanz überhaupt aufhörte. Damit wäre unser Axiom negirt, wenn nicht jetzt der gewagte Satz zu Hülfe käme, dass zwar jede Substanz sich selbst bestimmt, dass aber diese Selbstbestimmung durch eine andere Substanz bestimmt wird.

Wir haben schon früher bemerkt, der Vater des physikalischen Satzes, „wo ein Körper nicht ist, da kann er nicht wirken“, sei der logische Satz „der Grund lässt sich von seiner Folge nicht trennen.“ Wirkung und Gegenwirkung gehören zusammen wie Grund und Folge. Dieser logische Zusammenhang wird in einen physikalischen, und zwar hier in einen räumlichen, übersetzt. Wenn aber Wirkung und Gegenwirkung räumlich zusammenfallen, so wird die Gegenwirkung zu einem Begriff, der sich selbst aufhebt.

Sechstes Axiom.

Jede Wirkung ist äquivalent ihrer Ursache.

Das Axiom, welches wir hier aussprechen, wurde später als die andern in die Wissenschaft aufgenommen. In der That giebt es kein Axiom, welches so sehr wie dieses in der Erfahrung selbst einen scheinbaren Widerspruch fände. Wir beobachten hundertfältig in der Natur, wie die Wirkungen der Kräfte allmälig verschwinden, und nichts scheint daher natürlicher als die An-

*) Herbart, Metaphysik Bd. 2.

nahme, dass die Wirkungen abnehmen und endlich erlöschen. Wenn ein Wagen auf ebenem Weg durch einen Stoss in Bewegung gesetzt wird, so rollt er mit abnehmender Geschwindigkeit und steht nach kurzer Zeit stille. Da dies um so früher geschieht, je rauher die Bahn ist, so sagen wir, seine Bewegung werde durch die Reibung allmälig aufgehoben, und die Physiker selbst betrachteten früher allgemein die Reibung als eine der Bewegung entgegenwirkende Kraft, die in dem Augenblick, in welchem der Wagen stille hält, ihre Wirksamkeit wieder einstelle. Sie hatten so den Widerspruch mit dem vierten Axiom, dem so genannten Princip der Trägheit, vermieden, indem sie in der That die Wirkung des Stosses als eine unvermindert fortdauernde betrachteten. Die Annahme einer Vernichtung der Kraft, welche die gemeine Anschauung auf den Stoss selbst anwendet, war nur auf die widerstehende Kraft der Reibung übertragen.

Wenn uns aber die Erfahrung zu lehren scheint, dass Wirkungen verloren gehen, so unterstützt sie nicht minder die Annahme solcher Wirkungen die ihre Ursachen übertreffen. Denken wir uns einen Hebel, an dessen beiden Armen beträchtliche Lasten im Gleichgewicht stehen, und stellen wir uns vor, durch Zulegung eines kleinen Uebergewichtes auf der einen Seite werde plötzlich das Gleichgewicht gestört, so wird eine Bewegung eintreten, der überlastete Hebelarm wird mit gleichförmiger Beschleunigung herabfallen und eine lebendige Kraft erlangen, durch die er bei seinem Auffallen auf einen andern Körper eine Wirkung äussert, die zu dem kleinen Uebergewicht, das die Gleichgewichtsstörung veranlasste, ausser allem Verhältniss steht. Hier haben wir also eine Wirkung vor uns, die weit grösser als ihre Ursache zu sein scheint. Noch auffallendere Widersprüche gegen das Princip findet die Erfahrung scheinbar in den Thatsachen der chemischen Verwandtschaftsäusserungen. Wenn man Kohle in reines Sauerstoffgas bringt, so genügt es, dieselbe an einer kleinen Stelle in Entzündung zu versetzen, um beliebige Quantitäten in kurzer Zeit zu Kohlensäure zu verbrennen, indem immer ein Theilchen der Kohle auf das andere die Entzündung überträgt. Ein Pfund reiner Kohle erwärmt aber bei seiner Verbrennung nahezu 9000 Pfund Wasser um 1° der hunderttheiligen Scale, und mit derselben Wärme könnte man, wenn sie in einer Dampfmaschine benützt würde, und vorausgesetzt, dass nichts durch Ausstrahlung in die Umgebung verloren ginge, ein Gewicht von 100 Pfunden $4^1/_2$ Meilen weit fördern. Hier hat man also mit der ausserordentlich

geringen Wärmekraft, die zur ersten Entzündung der Kohle erforderlich war, eine ungeheure mechanische Kraftmenge erzeugt, die sich noch beliebig vergrössern lässt, wenn man nur genug Kohle vorräthig hat.

Bei diesem schroffen Widerspruch, in den unser Axiom anscheinend mit der Erfahrung tritt, wäre man vielleicht niemals zur Aufstellung desselben gekommen, hätte man demselben nicht eine gewisse Wahrscheinlichkeit a priori zugeschrieben. Die Geschichte seiner Entstehung zeigt, wie der sich sträubenden Erfahrung gegenüber immer an dem Satz von der Aequivalenz der Wirkung mit ihrer Ursache in irgend einer Form festgehalten wurde, und wie erst spät, nachdem man fruchtlosen Versuchen dieser Art beinahe entsagt hatte, endlich eine erneute Prüfung der Erfahrungen demselben Bahn brach, wobei es aber freilich eine wesentlich veränderte Bedeutung bekam.

Zunächst wollen wir darauf aufmerksam machen, wie unser Axiom mit den beiden vorigen die Eigenschaft theilt, dass es eine quantitative Aussage einschliesst, während die drei ersten Axiome bloss qualitative Bestimmungen enthalten. Dieser Umstand macht auch in der Geschichte dieser Axiome sich geltend: während nämlich die Entwicklung der drei ersten in eine viel frühere Zeit hinaufreicht, sind es die drei letzten, die vorzugsweise den Beginn des quantitativen Zeitalters der Physik bezeichnen. Insbesondere aber schliessen sich die ersten Spuren einer bewussteren Erfassung dieses sechsten Axioms enge an die Untersuchungen über das Maass der Naturkräfte an.

Wenn man nachweisen will, ob in einem gegebenen System die Summe der Kräfte erhalten bleibt, so muss man natürlich ein Maass für dieselben besitzen. Wir haben oben bemerkt, dass Galilei die Messung in die Dynamik einführte und diese Wissenschaft begründete, indem er das statische Kräftemaass, den Druck, in sie hinübertrug. Hierauf weiterbauend hat Descartes zuerst das Product der bewegten Masse in ihre Geschwindigkeit, die so genannte Quantität der Bewegung als das allgemeine Kräftemaass aufgestellt, und zugleich den Satz beigefügt, die Quantität der Bewegung bleibe im Universum constant. Dies ist die erste Form, in der das Axiom uns entgegentritt. Descartes betrachtet seinen Satz — abgesehen davon, dass er natürlich auch ihn auf die Unveränderlichkeit Gottes zurückbezieht — als a priori einleuchtend. „Die Materie," sagt er, „hat eine gewisse Quantität der Bewegung, die sich im Ganzen nicht

vermehrt noch vermindert, wenn sie auch in einzelnen Theilen der Materie zu- oder abnimmt; wenn daher ein Theil der Materie sich doppelt so schnell als ein anderer bewegt, dieser aber doppelt so gross als der erstere ist, so haben beide dieselbe Quantität der Bewegung, und jedesmal wenn die Bewegung eines Theils abnimmt, muss die Bewegung eines andern nach Verhältniss zunehmen" *). Alle seine Bewegungsgesetze, insoweit sie quantitative Bestimmungen enthalten, leitet Descartes aus dem Satz von der Erhaltung der Quantität der Bewegung ab, und dasselbe kehrt auch in seinen kosmologischen Hypothesen bei jeder Gelegenheit wieder.

Hauptsächlich die Irrthümer, in die sich Descartes bei der Anwendung seines Princips auf den Stoss der Körper verwickelte, führten Leibnitz darauf dem Kräftenmaass nach der Quantität der Bewegung ein anderes Kräftemaass entgegenzusetzen, bei dessen Anwendung jene Irrthümer allerdings vermieden wurden. Es war dies das Product der Masse in das Quadrat der Geschwindigkeit und wird gewöhnlich als Maass der lebendigen Kräfte bezeichnet.

Ein volles Jahrhundert lang hat der Streit über das Cartesianische und Leibnitz'sche Kräftemaass die Gelehrten beschäftigt. Als der Streit endlich vorüber war, fand man, dass das Ziel die aufgewandte Mühe kaum lohne; man fieng schliesslich an ihn für ein müssiges Wortgefecht anzusehen und verlor darüber sogar die gerechte Würdigung seiner Bedeutung für die Entwicklung der mechanischen Begriffe. Wir müssen hier die Hauptdifferenzpunkte, um die es sich handelte, insofern sie zu unserm Axiom in Beziehung stehen, etwas näher in's Auge fassen. Wir wollen aber, um von vornherein auch Denjenigen unserer Leser, die mit der Mechanik minder vertraut sind, eine Basis für ihr Urtheil zu geben, die Lösung, welche der Streit endlich in der wissenschaftlichen Mechanik gefunden hat, voranstellen.

Wenn eine constante Kraft auf einen Körper einwirkt, so ist die nach einer Zeit t erlangte Geschwindigkeit v desselben

$$v = G.\ t,$$

worin G die in der Zeiteinheit erlangte Geschwindigkeit bedeutet. Der Weg s aber, welchen der Körper in der Zeit t zurücklegt, ist

$$s = \frac{G}{2}.\ t^2.$$

---

*) Principes de la philosophie, a. a. O. p. 151.

Nun ist die in der Zeiteinheit erlangte Geschwindigkeit G offenbar um so grösser, je grösser die Kraft K ist, die auf den Körper einwirkt, und je kleiner die Masse M des Körpers ist. Die Einheiten für die Kraft und die Masse können wir beliebig wählen. Setzen wir also diejenige Kraft = 1, welche der Masse 1 in der Zeiteinheit die Geschwindigkeit 1 ertheilt, so wird

$$v = \frac{K}{M}. t,$$

$$s = {}^1/_2 \frac{K}{M}. t^2.$$

Daraus folgt

$$1)\ M\ v = K.\ t,$$

und, wenn man $t = \frac{M\ v}{K}$ in die Gleichung für s einsetzt,

$$2)\ {}^1/_2\ M\ v^2 = K.\ s.$$

Die erste dieser Gleichungen ist der richtige Ausdruck für das Kräftemaass des Cartesius, die zweite für das Kräftemaass des Leibnitz; in dieser Form widersprechen sie sich nicht. Das erste nimmt aber bei dem Maass der Kraft die Zeitdauer ihrer Wirkung, das zweite die Wegstrecke, auf der sie einwirkt, zu Hülfe. Vergleicht man nun verschiedene Kräfte K und K′ in ihrer Wirkung auf verschiedene Massen M und M′ mit einander, so verhält sich, vorausgesetzt dass beide Kräfte gleich lang einwirken,

$$3)\ M\ v : M'\ v' = K : K',$$

d. h. die Kräfte verhalten sich wie die Producte der Massen in die Geschwindigkeiten.

Nimmt man hingegen an, dass die Kräfte eine gleiche Wegstrecke hindurch einwirken, so verhält sich

$$4)\ M\ v^2 : M'\ v'^2 = K : K',$$

d. h. die Kräfte verhalten sich wie die Producte der Massen in die Quadrate der Geschwindigkeiten.

In den Formen der Gleichungen 3 und 4 wurden die beiden Kräftemaasse gewöhnlich ausgesprochen, und der ganze Streit beruhte darauf, dass man die Verschiedenheit der Voraussetzungen in beiden Fällen ignorirte. Die Irrthümer, die von beiden Seiten begangen wurden, entsprangen aus derselben Ursache. Doch kann dies nicht durchweg behauptet werden, namentlich nicht von Leibnitz selbst, der ausdrücklich bemerkt, „eine Kraft müsse nach ihrer Wirkung und nicht nach der Zeit geschätzt werden, da die Zeit sich nach äussern Umständen

ändere“ *). Bestimmter wurde aber allerdings die Verschiedenheit der Voraussetzungen und damit die relative Richtigkeit beider Kräftemaasse erst viel später von d'Alembert eingesehen, obgleich auch er diesen Punkt noch nicht mit der ihm sonst eigenen Klarheit zum Ausdruck bringt und namentlich in dem Schwanken darüber, welches Kräftemaass zu bevorzugen sei, sich dem alten Streit noch nicht völlig entwachsen zeigt **).

Den auf diesen Gegenstand bezüglichen Entwicklungen von Leibnitz ist, gerade insoweit sie das Princip von der Aequivalenz der Wirkungen betreffen, bisher keine besondere Aufmerksamkeit geschenkt worden, was sich wohl daraus erklärt, dass dieselben theils sehr mit scholastischen Begriffsdistinctionen untermengt, theils über eine grosse Zahl einzelner Abhandlungen zerstreut sind, so dass es einige Schwierigkeit hat, überall den physikalischen Kern aus der philosophischen Hülse herauszunehmen. Die merkwürdige Verwandtschaft der Leibnitz'schen Vorstellungen mit denjenigen, zu welchen uns die neueste Entwicklung der Wissenschaft geführt hat, wird es rechtfertigen, wenn wir hier etwas ausführlicher sind.

„Die Cartesianer,“ so fasst Leibnitz seine Kritik gegen dieselben zusammen, „haben, die bewegende Kraft mit der Bewegung verwechselnd, bei der Feststellung der Bewegungsgesetze schwer gefehlt. Indem Cartesius einsah, dass dieselbe Kraft in der Natur erhalten werden müsse, glaubte er, getäuscht durch das Beispiel des Gleichgewichts oder der todten Kraft, wie ich sie nenne, die Kraft stehe im zusammengesetzten Verhältniss der Massen und der Geschwindigkeiten“ ***). Es ist aber leicht einzusehen, „dass die Kraft nach ihrem Effect geschätzt werden muss, nicht nach der Zeit; denn die letztere kann nach äussern Umständen variiren . . . . der Effect aber bleibt derselbe, wenn die Kraft dieselbe bleibt.“ Daraus wird dann gefolgert, dass sich die Kräfte zweier Körper nicht wie die Geschwindigkeiten, sondern wie die Quadrate der Geschwindigkeiten verhalten †). Ausdrücklich wird hervorgehoben, dass Vernunft und Erfahrung auf das neue Kräftemaass hinleiten, während beide dem Maass der Cartesianer widersprechen. Nur in einem Fall sind die zwei

*) Illustratio ulterior etc., math. Werke Bd. VI p. 126.

**) Traité de dynamique, préface p. XVI.

***) Werke VI. p. 98 u. f.

†) Brevis demonstratio etc. Werke VI. p. 122.

Maasse identisch, in dem Fall des Gleichgewichts, weil sich dann die Geschwindigkeiten wie die Höhen verhalten. Es ist ja eben der „Missbrauch der Statik," der zu dem Irrthum verführt hat *). Im physikalischen Sinne definirt Leibnitz die Kraft als eine Tendenz zur Wirkung, wobei sie aber diese Wirkung nicht immer erzeugen könne, da oft ein Widerstand sie daran hindere **). „Wie die Bewegung in der Zeit," heisst es weiterhin, „sich aus unendlich vielen Kraftantrieben zusammensetzt, so setzt sich der einzelne Antrieb selbst, obgleich er momentan ist, aus unendlich vielen Druckgraden, die auf das Bewegliche ausgeübt werden, zusammen . . . . daher ist auch die Kraft eine doppelte: eine elementare, die ich todte Kraft nenne, weil bei ihr noch keine Bewegung, sondern nur ein Streben nach Bewegung existirt, und die gewöhnliche Kraft, die ich lebendige Kraft nenne." Beispiele todter Kraft sind die Centrifugal- und Centripetalkraft, das Streben eines gespannten elastischen Körpers sich wieder zurückzuziehen; Beispiele lebendiger Kraft der Stoss, der sich entspannende Bogen. „Die lebendige Kraft geht aber immer aus unendlich vielen wiederholten Stössen der todten Kraft hervor. Dies ist es, was Galilei gewollt hat, als er die Kraft des Stosses unendlich nannte, wenn sie nämlich mit dem einfachen Druck der Schwere verglichen werde" ***). Mit dieser Herleitung der lebendigen Kräfte aus unendlich kleinen Bewegungsstössen hängt sichtlich die Vorstellung eng zusammen, die sich Leibnitz von den Molecularkräften der Körper machte. Die Theilchen aller Körper sind in einer fortwährenden Bewegung. Leibnitz bezeichnet die Molecularkräfte allgemein als elastische Kräfte. „Weil jeder Körper elastisch ist, so muss auch in jedem eine innere Bewegung existiren" †). Die Reflexion beim Zusammenstoss zweier Körper rührt von einem in ihnen befindlichen elastischen Fluidum her ††). Selbst die Festigkeit wird von einer fortwährenden Circularbewegung dieses Fluidums abgeleitet. „Es ist ganz unzulässig, die Festigkeit aus der Ruhe abzuleiten, da niemals eine wahre Ruhe in den Körpern vorhanden ist, und da aus der Ruhe nichts als wieder Ruhe entstehen kann †††).

*) Essay de dynamique, p. 218.
**) Werke VI. p. 101.
***) Specimen dynamicum, pars I. (Werke VI p. 238.)
†) Werke VI. p. 103.
††) Specimen dynamicum, Werke VI. p. 249.
†††) Ebend. p. 252.

„Wenn eine gespannte Saite gerade so viel Kraft ausübt als der äussere Zug, oder wenn der Druck der zusammengepressten Luft gerade so viel beträgt als das zusammenpressende Gewicht, so wird auch jedes Körperchen einer ganzen Masse genau um so viel in Wirkung versetzt, als der äusseren Kraft entspricht, während der übrige Theil die Gelegenheit dazu erwartet" *). Ausdrücklich deducirt Leibnitz diese Sätze aus dem Gesetz der Aequivalenz, durch das die absolute Kraft immer erhalten bleibe. „Schon lange," sagt er an einer andern Stelle, „habe ich die Lehre von der Erhaltung der Quantität der Bewegung verbessert und an ihre Stelle die der Erhaltung der absoluten Kraft gesetzt" **). „Es ist immer dieselbe Kraft in jedem System von Körpern, die mit andern nicht in Verbindung stehen": so wird präcis das Princip formulirt und daran unmittelbar die Folgerung gereiht: „Im Universum ist immer dieselbe Kraft, denn die Körper des Universums können nicht mit andern in Verbindung stehen ***). „Eine neue Kraft entsteht nur, indem eine frühere verschwindet, und in der Wirkung kann nicht mehr und nicht weniger Kraft als in der Ursache enthalten sein" †). Einen elastischen Körper vergleicht Leibnitz gelegentlich einem Sack mit harten Kugeln gefüllt, welche nach einem erlittenen Stoss wieder vollständig in ihre frühere Lage zurückkehren. Indessen, bemerkt er, sei diese Vergleichung nicht immer ganz zutreffend, sondern oft seien die Theile eines Körpers nicht so mit einander verbunden, dass sie ihre Veränderung auf das Ganze übertragen, „wo dann ein Theil der Kraft beim Stoss absorbirt wird, ohne dass diese Kraft dem Ganzen mitgetheilt würde: dies tritt immer ein, wenn die gedrückte Masse nicht vollständig in ihre frühere Form zurückkehrt . . . . Indessen ist dieser Abzug der Totalkraft durchaus kein Verstoss gegen das Gesetz der Erhaltung der Kraft in der Welt. Denn was durch die kleinen Theile absorbirt wird, ist keineswegs für das Universum verloren, obgleich es für die Totalkraft der stossenden Körper verloren ist" ††). Es wird jedoch nicht näher ausgeführt, wie denn weiterhin diese verlorene Kraft zur Erscheinung komme.

---

*) Werke VI. p. 104, 105.
**) Essay de dynamique, (W. VI. p 217).
***) Dynamica pars II (W. VI p. 440).
†) Specimen dynamicum, pars I (W. VI p. 241).
††) Essay de dynamique (W. VI. p. 230, 231).

Leibnitz hat somit unser Axiom nicht nur als allgemeinen Grundsatz aufgestellt, sondern es auch, insoweit dies der Zustand der damaligen Wissenschaft gestattete, auf die Erscheinungen anzuwenden gesucht. Durch die Trennung der todten von den lebendigen Kräften hat er schon damals einen Unterchied angedeutet, der später bei der erneuten Auffindung des Axioms von Wichtigkeit wurde. Ja wir sehen ihn bereits im Besitz der erst in neuester Zeit sich wieder geltend machenden Vorstellung, dass in allen Körpern fortwährend Molecularbewegungen vorhanden seien. Trotzdem dürfen wir nicht übersehen, dass das Axiom bei Leibnitz noch nicht die Bedeutung hatte, welche die moderne Physik ihm giebt. Von der Umwandlung der todten in lebendige Kräfte und umgekehrt hat er nur eine sehr unbestimmte Vorstellung, und von einem Wechselverhältniss der äusseren und inneren Arbeit der Körper hat er offenbar noch keine Ahnung. Sein Gesetz sagt daher auch nur aus, dass die Summe der lebendigen Kräfte erhalten bleibe, er führt aber dieses Princip in einer Weise durch, in der es dem heutigen Princip der Erhaltung der Kraft mehr entspricht als dem jetzt in der Mechanik so genannten Princip der lebendigen Kräfte. Denn ein Hauptpunkt in seiner Darstellung bleibt es, dass das Streben nach Bewegung die Kraft kennzeichne, und dass es gleichgültig bleibe, wie dieses Streben in der Zeit zur Verwirklichung komme. Auch passen die Beispiele aus der Mechanik, die er zur Veranschaulichung seines Princips anführt (der Fall auf der schiefen Ebene, die Bewegung des Pendels u. dergl.) schon vollkommen auf das Princip der Erhaltung der Kraft. Was aber der Physik jener Zeit überhaupt zu einer richtigen Anwendung unseres Axioms fehlte, war eine genügende Kenntniss von den Transformationen der Naturkräfte. Daher wurde dasselbe auch von Leibnitz vor Allem desshalb aufgestellt, weil er es für vernunftgemäss nothwendig und a priori einleuchtend ansah, die Erfahrung bestimmte wohl nur die besondere Form seiner Durchführung.

Die Weiterentwicklung der unserem Axiom zur Grundlage dienenden Ideen hieng innig mit der Behandlung eines Problems zusammen, das im 17. und 18. Jahrhundert die Mathematiker vielfach beschäftigte, des so genannten Problems der Schwingungsmittelpunkte. Denkt man sich ein Pendel in eine Menge gewichtsloser Linien, die Gewichte tragen, sogenannter mathematischer Pendel, zerlegt, so bezeichnet der Schwingungsmittelpunkt

den Ort, wo das Gewicht desjenigen mathematischen Pendels sich befindet, das mit dem gegebenen physischen Pendel isochron schwingt. Alle übrigen mathematischen Pendel, aus denen man sich das physische Pendel zusammengesetzt denken kann, haben in ihrer Verbindung mit letzterem eine andere Schwingungsdauer, als sie isolirt hätten, da die Bewegungen der einzelnen einander gegenseitig stören. Theils die Beschäftigung mit diesem hauptsächlich von Huyghens angeregten Problem, theils die Annahme der von Leibnitz eingeführten Unterscheidung zwischen todten und lebendigen Kräften führten Joh. Bernoulli zur Aufstellung eines Gesetzes, das von ihm sowie von seinem Sohne Daniel Bernoulli zur Lösung zahlreicher Probleme benützt und als Princip der Erhaltung der lebendigen Kräfte bezeichnet worden ist. Wir können dasselbe im Sinne der Anwendungen, welche es von den Mathematikern erfuhr, folgendermassen formuliren: „Wenn an einem System von Körpern unter der Einwirkung gegenseitiger oder bestimmter äusserer Kräfte Bewegungen stattfinden, so ist die Summe der lebendigen Kräfte jedesmal wieder dieselbe, wenn alle Körper die gleiche relative Lage gegen einander und gegen etwa vorhandene feste Centren einnehmen.“ Die Bewegungen des Pendels bieten ein einfaches Beispiel zur Erläuterung dieses Princips dar. Ein schwingendes Pendel hat an jedem einzelnen Punkt seiner Amplitude eine Geschwindigkeit, die dem Fall eines schweren Körpers von der dem zurückgelegten Schwingungsbogen zugehörigen Höhe entspricht. Die lebendige Kraft der schwingenden Pendelstange wird daher für denselben Punkt der Amplitude regelmässig wieder die nämliche, und summirt man die sämmtlichen bei einem Hin- oder Hergang vorhandenen lebendigen Kräfte, so ist diese Summe eine constante. Hierbei ist jedoch vorausgesetzt, dass die Schwingungen des Pendels in unverminderter Grösse fortdauern. Dies findet bekanntlich nicht statt. Theils durch die Reibung an der Axe, theils durch den Widerstand der Luft werden die Excursionen allmälig kleiner, und es vermindert sich daher die Summe der lebendigen Kräfte. Man hat desshalb dem Princip der Erhaltung der lebendigen Kräfte stets mehr eine mathematische als eine physikalische Gültigkeit zugesprochen; nur in den Bewegungen vollkommen freier Systeme, wie des Planetensystems, sah man dasselbe als mit hinreichender Annäherung auch in der Natur verwirklicht an.

Dies führt uns auf die definitive Feststellung, die unser Axiom

in jüngster Zeit endlich erfahren hat. Dieselbe bestand darin, dass die mathematische Gültigkeit desselben zu einer streng physikalischen erhoben wurde durch die Entdeckung der Transformation der Naturkräfte in bestimmten Aequivalentverhältnissen. Zugleich hat man von da an das Axiom in eine erweiterte Form gebracht, in welcher man es nunmehr als Princip der Erhaltung der Kraft zu bezeichnen pflegt.

„Kräfte sind Ursachen, mithin findet auf dieselben volle Anwendung der Grundsatz: causa aequat effectum.“ Dies ist die Prämisse, mit der J. R. Mayer im Jahr 1842 den kurzen Aufsatz begann, der das Princip in seiner jetzt von der Wissenschaft angenommenen Form bereits vollständig aussprach *). „Eine Ursache, welche die Hebung einer Last bewirkt, ist eine Kraft, folglich ist auch die gehobene Last eine Kraft von gleicher Grösse, sie äussert sich als Fallkraft.“ Die Schwere, bemerkt Mayer, sei eine Eigenschaft, und nur uneigentlich nenne man sie eine Kraft, denn es fehle ihr das jeder Kraft wesentliche, die Unzerstörbarkeit. Damit ein Körper fallen könne, dazu sei seine Erhebung nicht minder nothwendig als seine Schwere. „Wir sehen in unzähligen Fällen eine Bewegung aufhören, ohne dass letztere eine andere Bewegung oder eine Gewichtserhebung hervorgebracht hätte; eine einmal vorhandene Kraft kann aber nicht zu null werden, sondern nur in eine andere Form übergehen, und es frägt sich somit, welche andere Form die Kraft, welche wir als Fallkraft und Bewegung kennen gelernt, anzunehmen fähig sei?“ „Ist es ausgemacht,“ so wird diese Frage beantwortet, „dass für die verschwindende Bewegung in vielen Fällen keine andere Wirkung gefunden werden kann als die Wärme, für die entstandene Wärme keine andere Ursache als die Bewegung, so ziehen wir die Annahme, Wärme entsteht aus Bewegung, der Annahme einer Ursache ohne Wirkung und einer Wirkung ohne Ursache vor.“ „Wir schliessen unsere Thesen, welche sich mit Nothwendigkeit aus dem Grundsatze „causa aequat effectum“ ergeben und mit allen Naturerscheinungen im vollkommenen Einklange stehen, mit einer praktischen Folgerung. — Zur Auflösung der zwischen Fallkraft und Bewegung statthabenden Gleich-

*) Annalen der Chemie und Pharmacie von Wöhler und Liebig, Bd. 42, 1842, S. 233.

ungen musste der Fallraum für eine bestimmte Zeit, z. B. für die erste Secunde, durch das Experiment bestimmt werden; gleichermassen ist zur Auflösung der zwischen Fallkraft und Bewegung einer- und der Wärme anderseits bestehenden Gleichungen die Frage zu beantworten, wie gross das einer bestimmten Menge von Fallkraft und Bewegung entsprechende Wärmequantum sei. Z. B. wir müssen ausfindig machen, wie hoch ein bestimmtes Gewicht über den Erdboden erhoben werden müsse, dass seine Fallkraft äquivalent sei der Erwärmung eines gleichen Gewichtes Wasser von 0^0 auf 1^0 C.“ So stellt Mayer das Gesetz der Aequivalenz zwischen Wärme und Arbeit als eine unmittelbare Folgerung aus dem Princip der Unzerstörbarkeit der Kraft auf. Eine wesentliche Weiterbildung dieses Princips wurde durch die an das genannte Gesetz sich unmittelbar anschliessende weitere Folgerung veranlasst, dass die Wärme eine Bewegung sei. In der That war man, so lange die Annahme eines Wärmestoffs vorhielt, genöthigt an die Unveränderlichkeit der Wärmemenge bei der Erzeugung mechanischer Arbeit aus Wärme zu glauben, man bildete daher, um den Erscheinungen zu genügen, den völlig unphysikalischen Begriff der latenten Wärme. Der letztere war ebenso a priori gefunden wie der Begriff der Aequivalenz zwischen Wärme und Arbeit, jenen hatte man aus dem Princip der Unzerstörbarkeit des Stoffs, diesen aus dem Princip der Unzerstörbarkeit der Kraft abgeleitet. Aber dem ersteren Princip fügten sich die Erscheinungen nicht, mit der Annahme der „latenten“ Wärme gestand man dies ein, dem zweiten Princip aber entsprachen die Erscheinungen, folglich musste die Wärme Wirkung einer Kraft d. h. eine Bewegung sein *).

Nach einer andern Richtung wurden die Folgerungen Mayer's vervollständigt, indem man den Begriff der „todten Kräfte,“ aber in einer präciseren physikalischen Bedeutung als früher, wieder einführte. Als todte Kräfte oder Spannkräfte bezeichnet man nämlich diejenigen Kräfte, die einen Körper oder einen materiellen Punkt zu bewegen streben, so lange sie noch nicht die Bewegung bewirkt haben **). Wenn man z. B. einen schweren Körper in die Höhe hebt, so wird lebendige Kraft verbraucht: diese lebendige Kraft der Erhebung geht aber nicht als-

*) Clausius, über die bewegende Kraft der Wärme. Abhdlg. 1.

**) Helmholtz, über die Erhaltung der Kraft. Berlin 1847.

bald in eine andere Form lebendiger Kraft über, der erhobene Körper hat zunächst nur ein Streben zu fallen, die lebendige Kraft der Erhebung kommt erst dann als lebendige Kraft des Falls wieder zum Vorschein, wenn man den Körper wirklich fallen lässt. Während der Körper in der Höhe gehoben wurde, ist also die auf ihn verwandte lebendige Kraft in ihm angesammeltes Streben: sie ist todte oder Spannkraft geworden. Wenn man ein Pendel aus seiner Gleichgewichtslage erhebt, so sammelt sich Spannkraft in demselben an; lässt man die Pendelstange los, so geht dieselbe in lebendige Kraft über, und sie ist bei der Rückkehr in die Gleichgewichtslage vollständig zu lebendiger Kraft geworden; schwingt nun vermöge der erhaltenen Beschleunigung das Pendel über die Gleichgewichtslage hinaus, so kehrt die lebendige Kraft allmälig wieder in Spannkraft zurück u. s. w. So bestehen also die Schwingungen in einem fortwährenden Wechsel zwischen Lebendigwerden von Spannkräften und Rückverwandlung der lebendigen Kräfte in Spannkräfte. Die Summe der lebendigen und Spannkräfte bleibt dabei immer erhalten, und die Schwingungen kommen nur dadurch zum Stillstand, dass die lebendigen Kräfte allmälig (durch die Reibung und den Luftwiderstand) als Wärme nach aussen abfliessen.

Wir haben die Schwingungen des Pendels oben bereits benützt zur Erläuterung des Princips der Erhaltung der lebendigen Kräfte. Dieses sagt aus, dass die lebendige Kraft jedesmal wieder die gleiche Grösse hat, wenn das Pendel die nämliche Lage einnimmt. Das neue Princip dehnt nun offenbar nur die Betrachtung von den während eines bestimmten Augenblicks wirksamen Kräften auf diejenigen Kräfte aus, welche möglicher Weise zur Wirkung gelangen können. Indem das neue Princip diese potentiellen Kräfte in Betracht zieht, ist es wesentlich nur ein Fortschritt in der Begriffsscheidung, thatsächlich aber liegt es in dem Princip der Erhaltung der lebendigen Kräfte bereits eingeschlossen. —

Bei diesem letzten Axiom stellt sich das Verhältniss zwischen den Bedürfnissen der Speculation und dem Zwang der Erfahrung wieder wesentlich anders heraus als in den vorigen Fällen. Der Satz, dass die Grösse der Wirkung der Grösse der Ursache entspreche, wird, sobald man nur an ein Maass der Ursachen und Wirkungen denkt als eine speculative Forderung aufgestellt, und diese Forderung ist so mächtig, dass sie sogar der Erfahrung

sichtlich Zwang anthut, um in ihr zur Geltung zu kommen. Es ist aber höchst bemerkenswerth, dass die Form, in der unser Axiom anfänglich aufgestellt wurde, eine falsche war. Man schloss nämlich folgendermassen: Weil die Grösse der Wirkungen der Grösse der Ursachen entspricht, jede Ursache aber vermöge des allgemeinen Causalgesetzes Wirkung einer andern Ursache ist, so muss die in der Natur vorhandene Summe der Wirkungen immer gleich gross bleiben. Offenbar auf diesen Beweis gestützt lehrte Descartes die Erhaltung der Quantität der Bewegung. Aber man übersah hierbei, dass die Wirkung nicht als Bewegung sich äussert, wenn andere Ursachen eine entgegengesetzte Wirkung ausüben, und dass daher auch, je nachdem durch das Zusammentreffen verschiedener Bewegungen die entgegengesetzte Wirkung früher oder später wieder verschwindet, auch die bewegende Wirkung von ihrer Ursache zeitlich in sehr mannigfaltiger Weise getrennt sein kann. Man übersah mit einem Wort jene Interferenz der Ursachen und Wirkungen, durch die der Wechsel der Kräfte und Erscheinungen erst möglich wird. Sollte immer dieselbe Summe von Wirkungen als actueller Bewegungen in der Natur vorhanden sein, so könnte dies nur bei einem Zustand absolut gleichförmiger Bewegung geschehen, wenn also entweder jedes Atom in gleichförmigen Hin- und Herschwingungen oder das ganze Weltall in einer gleichförmigen Fortbewegung begriffen wäre. Der Wechsel der Erscheinungen ist nur unter der Bedingung denkbar, dass das Universum zwischen diesem Zustand absoluter Bewegung und dem Zustand absoluter Ruhe, in welchem alle Kräfte mit einander im Gleichgewicht stünden, die Mitte hält. Sowohl ein Zustand absoluter Ruhe im Gleichgewicht als ein Zustand absolut gleichförmiger Bewegung wäre physikalisch möglich, aber ein Zustand des Bewegungswechsels, wie wir ihn wirklich in der Natur beobachten, ist nur dann physikalisch möglich, wenn die als Bewegung sich äussernden Wirkungen nicht constant sind.

Wollte man aus dem Satz von der Unzerstörbarkeit der Ursachen die Erhaltung der Quantität der Bewegung folgern, so müsste man über das Wesen der Bewegungsursachen eine durchaus verschiedene Annahme aufstellen. Man müsste nämlich im Widerspruch mit dem vierten Axiom voraussetzen, dass die Wirkung einer Ursache nicht verharre. Unter dieser Voraussetzung würde alles Geschehen auf im strengsten Sinn momentanen Wirkungen beruhen, und wenn die in jedem Augenblick neu ent-

standenen Ursachen von gleicher Grösse wären, so würde auch die in jedem Augenblick erzeugte Quantität der Bewegung dieselbe bleiben. Man müsste also dann den Ausspruch des Descartes, Gott erhalte immer dieselbe Quantität der Bewegung in der Natur — was sein Wortlaut allerdings zulässt *) — so verstehen, dass in jedem Moment der Welt eine gleiche Summe bewegender Kräfte von aussen zugeführt werde, während das Axiom in seinem physikalischen Sinne im Gegentheil zu der Voraussetzung führt, dass sich die einmal, von einem unbestimmten Anfang her, vorhandene Summe von Kräften in der Natur weder vermehren noch vermindern werde. Jene Annahme aber, dass die Kräfte in der Natur in jedem Moment einen metaphysischen Ursprung nehmen, ist physikalisch gleichbedeutend mit der andern, dass sich die Körper von selbst bewegen. Wenn in dem Zusammensein und Zusammentreffen mit andern Körpern nicht mehr die wahre Ursache der Bewegung liegt, so ist jede Bewegung causa sui.

Es ist nun beachtenswerth, dass jene frühere Auffassung unseres Axioms, nach der immer dieselbe Quantität der Bewegung in der Natur erhalten bleibt, anscheinend eine gewisse Wahrscheinlichkeit a priori für sich hat. Wenigstens findet man allgemein, dass denkende, aber in physikalischen Dingen unerfahrene Köpfe es für sehr einleuchtend halten, dass die Kraft constant bleibe, dabei aber regelmässig diesen Satz in dem angegebenen falschen Sinne auffassen. Diese Auffassung wurzelt in demselben Grund, aus dem man es unbegreiflich findet, dass die Wirkung fortdauere, nachdem die Ursache vorüber sei. Wenn Ursache und Wirkung streng gleichzeitig sind, so fängt in jedem Moment gewissermassen ein neuer Causalnexus an, und es kann dann selbstverständlich nicht davon die Rede sein, die Ursache nach der Wirkung zu bemessen, die sie möglicher Weise erzeugen kann, sondern ihr Maass ist die Wirkung des Moments. Wie wird aber unter dieser Voraussetzung überhaupt eine Zeitdauer des Geschehens denkbar? Und auf eine solche bezieht sich doch gerade das gefälschte Axiom, da es ausspricht, dass die Quantität der Bewegung in der Zeit unveränderlich bleibe. Jede Wirkung muss selbst wieder als Ursache einer andern Wirkung angesehen werden. Ist nun aber die Ursache a mit der Wirkung b und b als Ursache mit der Wirkung c gleichzeitig u. s. f., so schrumpfen überhaupt alle Ursachen und Wirkungen a, b, c u. s. f.

*) Principes de la philos. part. II, 36.

in einen untheilbaren Moment zusammen. Der unendliche Vorrath von Quantität der Bewegung wird in einem einzigen Augenblick erschöpft. Hier wird nun der erste Widerspruch lediglich durch einen zweiten beseitigt. Als Wirkung muss b mit seiner Ursache a verbunden gedacht werden, aber als Ursache von c hat es mit a nichts mehr zu schaffen. Die Zeitreihe wird gebildet, indem man jedes Glied unter verschiedenen Gesichtspunkten, einmal als Ursache und einmal als Wirkung, auffasst. Das falsche Axiom kommt also zu Stande, indem zuerst die Begriffsvertauschung, die dem vierten Axiom zu Grunde liegt, wiederholt und sodann durch ihr Gegenstück ergänzt wird. Zuerst wird die Wirkung mit ihrer Ursache verbunden und dann als neue Ursache von ihr getrennt. Dort ist der logische Zusammenhang in einen zeitlichen Zusammenhang, hier die logische Trennung in eine zeitliche Trennung umgewandelt. Nimmt man hierzu den weiteren Satz, dass die Wirkung an Grösse ihrer Ursache gleich sein müsse, so ist das falsche Axiom beendet.

Wir haben nun noch der Begründung dieses letzteren Satzes einige Aufmerksamkeit zu schenken. In dem Sinne, in welchem unser Axiom ihn ausspricht, ist er allgemein auf das Princip der Vertauschbarkeit der Ursachen mit ihren Wirkungen gegründet. Desshalb weil wir mit einer bestimmten mechanischen Arbeit eine gewisse, für die gleiche Arbeitsgrösse gleich bleibende Wärmemenge erzeugen können, würden wir eine Aequivalenz zwischen Ursache und Wirkung in der Bedeutung, wie sie unser Axiom versteht, noch nicht aussprechen dürfen. Die volle Gleichwerthigkeit zwischen Wärme und Arbeit folgt erst daraus, dass man mit derjenigen Wärmemenge, die durch eine gewisse mechanische Arbeit erzeugt worden ist, umgekehrt auch eine mechanische Arbeit von derselben Grösse produciren kann.

Das Princip der Vertauschbarkeit von Ursache und Wirkung ist natürlich am augenfälligsten, wenn es sich nicht um die Transformation verschiedener Naturkräfte in einander handelt, sondern wenn dieselbe Kraftform erhalten bleibt. Nehmen wir an, ein Körper A stosse momentan mit der Geschwindigkeit v gegen einen ruhenden Körper B und ertheile demselben die Geschwindigkeit v', so würde auch, wenn der Körper B mit der Geschwindigkeit v' gegen den ruhenden Körper A einen momentanen Stoss ausübte, dieser die Geschwindigkeit v empfangen. Offenbar fällt hier das Princip der Vertauschbarkeit von Ursache

und Wirkung mit dem Princip der Gleichheit von Wirkung und Gegenwirkung zusammen. Nun besteht nach dem ersten Axiom alles Geschehen in der Natur in Bewegungen. Es sind also allgemein für jede momentane Wirkung beide Principien mit einander identisch. Diese Bemerkung wird uns später einen Anknüpfungspunkt für die Deduction unseres Axioms bieten. Hier führt sie uns auf eine falsche Deduction, die man dem Satz von der Gleichheit der Ursache und Wirkung zu Gunsten der Lehre von der Erhaltung der Quantität der Bewegung gegeben hat.

Wir haben bei der Betrachtung des Axioms von der Gleichheit der Wirkung und Gegenwirkung die Schwierigkeiten kennen gelernt, welche die Speculation bei dem Herübertreten aus der Wirkung in die Gegenwirkung findet. Diese Schwierigkeiten wiederholen sich bei dem Herübertreten aus der Ursache in die Wirkung. Hiess dort die Antithese: „jeder Körper leidet nur von sich selber," so heisst sie hier: „jeder Körper handelt nur gegen sich selber." Die Wirkung nach aussen wird geleugnet oder, weil dies dem Zwang der Erfahrung gegenüber nicht angeht, so wird sie zur bloss gelegentlichen Begleiterin einer inneren Wirkung herabgesetzt. Es hängen diese Widersprüche innig zusammen mit einer Auffassung des Kraftbegriffs, auf die wir schon gelegentlich hinwiesen, und die wir nunmehr näher in's Auge fassen müssen.

Für kein Wort fehlt es uns vielleicht so sehr an einer scharfen Begriffsbestimmung wie für das Wort „Kraft." Und in der That, wenn man zu dieser Begriffsbestimmung alle die Bedeutungen verwenden wollte, in denen das Wort überhaupt gebraucht worden ist, so möchte es schwierig sein jemals eine solche zu finden. Man nennt zunächst jede Bewegungsursache eine Kraft, gebraucht aber sodann diesen Ausdruck mit besonderer Vorliebe für jede Eigenschaft des Stoffs; so spricht man von einer Trägheitskraft, und auch Schwere, Elektricität, Magnetismus u. s. w. bezeichnet man vorzugsweise im letzteren Sinn als Kräfte. Dieser Umstand hat, wie es scheint, schon die Begründer der Mechanik veranlasst mit einer Art ängstlicher Scheu das Wort Kraft zu vermeiden. Es bildete sich bei den Physikern eine Skepsis gegen den Kraftbegriff, der sich zuweilen selbst auf den Begriff der Ursache übertragen hat. Schon Dan. Bernoulli bemerkt, es sei uns eigentlich durchaus unbekannt, welche mathematische Function der Ursache die Wirkung sei, da wir über das Wesen der Ur-

sachen nichts wüssten, namentlich sei es möglich, dass der Effect im Verhältniss irgend einer höheren Potenz zu der ihn erzeugenden Kraft stehe *); und d'Alembert nennt den Satz, dass die Wirkung proportionell ihrer Ursache sei, „ein vages und dunkles Axiom." Er stellt sich die Aufgabe, die Mechanik lediglich als eine „Wissenschaft der Wirkungen" zu behandeln und entschuldigt sich, dass er, „um Umschreibungen zu vermeiden, dennoch häufig den dunkeln Ausdruck Kraft gebraucht habe" **). Im selben Sinne hat August Comte vorgeschlagen, sogar das Wort Ursache gänzlich aus der Wissenschaft zu verbannen ***).

Man begreift diese radicale Skepsis, wenn man einen Blick auf die Anwendungen wirft, welche einst die Physiker und noch mehr die Philosophen dem Kraftbegriff gegeben haben, und welche über die noch gegenwärtig schwebende Unbestimmtheit weit hinausgehen. Wir wollen, um den Physiker und Philosophen in einem Beispiel vereinigt zu haben, den Kraftbegriff bei Leibnitz zu zergliedern versuchen. Wir werden damit zugleich zu der oben gegebenen physikalischen Darstellung der Leibnitz'schen Dynamik die philosophische Ergänzung liefern.

Unter vis oder potentia versteht Leibnitz im Allgemeinen die Gesammtheit der Gründe des Seins und des Geschehens. „Das Wesen der Körper," bemerkt er gegen Cartesius, „besteht nicht in der Ausdehnung, weil der Begriff der Ausdehnung sich auf etwas Ausgedehntes beziehen und die Ausbreitung oder Wiederholung irgend eines Wesens bezeichnen muss" †). „Diejenigen, welche die Ausdehnung als eine primitive Eigenschaft der Körper ansehen, haben zu einer qualitas occulta ihre Zuflucht genommen, gleich als könne die Ausdehnung nicht erklärt werden." Der Standpunkt von Leibnitz unterscheidet sich nun dadurch von dem der Cartesianer, dass die letzteren die körperliche Substanz durch die sinnenfälligste Eigenschaft derselben erklärt zu haben meinten, während Leibnitz in ächt Aristotelischer Weise die Körper aus Begriffen zusammensetzt. Macht der Raum für sich noch nicht den Körper aus, so muss etwas vor der Ausdehnung existiren — und eben dieses ist die Kraft. Er unterscheidet sie in eine passive und active Kraft.

---

*) Mémoires de l'acad. de St. Petersbourg t. I.

**) Traité de dynamique, préface.

***) Philosophie positive, t. I. 5 me leçon.

†) Werke VI. p. 98.

Die passive constituirt die Materie oder Masse und ist theils Undurchdringlichkeit theils Widerstand (inertia, vis passiva im engern Sinne). Sie verhält sich zur activen Kraft wie die Möglichkeit zur Wirklichkeit. Die active Kraft selbst ist zunächst ebenfalls nur Entelechie oder Tendenz zur Wirkung und zerfällt, je nachdem sie Tendenz bleibt oder in Wirkung umschlägt, in die ursprüngliche und in die abgeleitete active Kraft (vis primitiva et derivativa) *). Die ursprüngliche Kraft ist das zweite natürliche Princip, welches, als Seele oder der Seele ähnlich, zusammen mit der Materie oder der passiven Kraft die körperliche Substanz vollendet. Sehr klar tritt der logische Ursprung der verschiedenen Kraftbegriffe in der Begründung hervor, die für die Aufstellung jener primitiven Kraft gegeben wird. „Die abgeleitete Kraft," heisst es, „begreift als Modalität die Veränderung in sich. Jede Modalität wird aber gebildet durch die Modification eines Dauernden oder mehr Absoluten. Und wie die Figur eine Limitation oder Modification der passiven Kraft ist, so ist die abgeleitete Kraft und bewegende Wirkung nicht die Modification einer ganz passiven Sache (denn sonst würde die Modification mehr Realität in sich schliessen als das Modificirte selber), sondern eines Activen d. h. einer ursprünglichen Entelechie." Auch auf die abgeleitete Kraft wird der Unterschied der Entelechie und Energie noch einmal angewandt. Auch sie ist noch nicht Bewegung sondern erst Tendenz zu derselben, aber im Gegensatz zur ursprünglichen Kraft ist sie Tendenz zu einer bestimmten Bewegung: denn die Kraft ist schon im ersten Augenblick da, die Bewegung bedarf aber der Zeit. Jene unüberwindliche Neigung des menschlichen Geistes den speculativ gewonnenen Begriffen ein physisches Substrat zu geben, macht nun alsbald in der nähern Bestimmung der beiden Kräfteformen sich geltend. Die ursprüngliche Kraft äussert sich in innerer, die abgeleitete in äusserer Bewegung. Beide stehen in fortwährender Wechselwirkung, denn die innere Bewegung wird gehemmt beim Zusammenstoss der Körper und wendet sich in Folge dessen nach aussen. Man sollte denken, hieraus ergebe sich die Folgerung einer fortwährenden Transformation äusserer in innere Bewegung und umgekehrt. Aber die Speculation verbietet diese physikalische Erkenntniss, der Leibnitz hier offenbar bereits nahe steht. Da die Kraft etwas Reales und Ab-

*) Ebend. p. 102 u. f.

solutes ist, so bleibt sie an die Einzelsubstanzen gebunden, und hieraus ergiebt sich dann die schon oben geltend gemachte Folgerung, dass metaphysisch betrachtet jeder Körper nur auf sich selber wirkt, dass man aber vom physikalischen Gesichtspunkte auf die Betrachtung der abgeleiteten Kraft sich beschränken kann. Dieser Entwicklung entspricht die Ableitung des Kraftbegriffs, die wir bei Wolf finden: „In dem Handelnden muss etwas angenommen werden, was den genügenden Grund der Actualität der Handlung in sich enthält, und dieses nennen wir Kraft“ *). Bei dem Zusammenstoss der Körper wird die denselben innewohnende bewegende Kraft (die primitive Kraft) modificirt **), und was aus dieser Modification hervorgeht, ist die abgeleitete Kraft ***). Die primitive Kraft wird so genannt, insofern ihr Substantialität zugeschrieben wird †); wobei sie übrigens, ebenso wie die Materie, nur ein Bild der gänzlich transscendenten Substanz ist. Das allgemeine Kennzeichen der Substanz aber ist die Unzerstörbarkeit und die Fähigkeit Modificationen zu erfahren (perdurabilitas et modificabilitas) ††). Geschwindigkeit und Richtung sind die constanten Bestimmungen, nach denen die Modificationen der Kraft geschehen.

So finden wir die Wurzel unseres Axioms in der Lehre von der Substantialität der Kraft. Aus ihr wurde das Princip der Unzerstörbarkeit der Kraft schon zu einer Zeit abgeleitet, da die Erfahrung noch lange nicht hinreichte, dasselbe zu bewähren. Dies ist der wesentliche Unterschied, den man zwischen Kraft und Ursache macht, dass man der ersteren bewusst oder unbewusst Substantialität zuschreibt, und da die Substanz wieder mit der Materie zusammengeworfen wird, so kommt dann die Neigung die verschiedenen Naturkräfte auf verschiedene Stoffe, Fluida u. dgl. zurückzuführen. Erst die Ausbildung der Physik zu einer angewandten Mechanik hebt, indem sie die Kraft als Bewegungsursache definirt, und alle Ursachen in der Natur auf Bewegungsursachen zurückführt, die ontologisch geschaffene Distinction zwischen Kraft und Ursache wieder auf. Aber es ist eine gewiss

*) Ontologia §. 721, 722.
**) Cosmologia §. 302.
***) Ibid. §. 363.
†) Cosmologia §. 360.
††) Ontologia §. 768.

charakteristische Erscheinung, dass selbst der eigentliche Entdecker des Satzes von der Aequivalenz der Naturkräfte die Kräfte als imponderable Stoffe bezeichnete und ihre Unzerstörbarkeit nach der Analogie der Unzerstörbarkeit der ponderablen Stoffe erschloss. „Zwei Abtheilungen von Ursachen finden sich in der Natur vor," sagt Mayer, „zwischen denen erfahrungsgemäss keine Uebergänge stattfinden. Die eine Abtheilung bilden die Ursachen, denen die Eigenschaft der Ponderabilität und Impenetrabilität zukommt — Materien; die andere die Ursachen, denen letztere Eigenschaften fehlen — Kräfte, von der bezeichneten negativen Eigenschaft auch Imponderabilien genannt. Kräfte sind also: unzerstörliche, wandelbare, imponderable Objecte." Wie H und O (Wasserstoff und Sauerstoff) getrennt oder chemisch verbunden immer H und O verbleiben, so bleibe auch eine Kraft immer an Grösse sich gleich *).

Den Satz, dass in der Natur die Wirkung an Grösse ihrer Ursache gleich sei, fand man somit desshalb a priori wahrscheinlich, weil man die Naturkräfte als Substanzen oder, in die Sprache der Physik übersetzt, als „imponderable Objecte" auffasste. Worin hat aber diese Metamorphose der Kraft zur Substanz ihren Grund? Die völlig ähnliche Verarbeitung, die der Begriff der Materie im Denken erfuhr, wird uns hier den Weg zeigen. Wir haben dort schon auf den Parallelismus der Begriffe Substanz und Subject hingewiesen. Die Materie wird beharrend angenommen, weil bei allen Veränderungen etwas da sein muss was sich verändert, oder, wie wir es grammatisch ausdrückten, weil die Prädicate auf ein Subject hinweisen. Ebenso weisen alle Handlungen auf ein Handelndes. Dabei liegt zugleich in der Bezeichnung des äussern Geschehens als Handlung die Vergleichung der Aussendinge mit dem handelnden Ich, dessen bewegende Kraft das Urbild für alle andern Kräfte hergiebt. Die Materie ist das Veränderliche, die Kraft das Handelnde in den Objecten. Wie wir nun dort das Subject zu einem Wesen hypostasirten, so auch hier. Aus Materie und Kraft bilden wir zwei unabänderlich an einander gebundene Substanzen, und desshalb wird dann die Kraft auch materialisirt, denn sie muss, wenn sie an ein ausgedehntes Ding gebunden ist, selber ein ausgedehntes Ding sein.

---

*) A. a. O. S. 234.

Ob wir das Geschehen auf das Veränderliche oder auf das Handelnde beziehen, Veränderung und Handeln bleiben doch immer ein und dasselbe Geschehen, nur von verschiedenen Gesichtspunkten aus betrachtet. Was ist also der treibende Grund zu dieser Aufstellung eines Undings aus mehreren Substanzen, die doch wieder eine und dieselbe Substanz sind? Wir haben es nicht mit einer Scheidung an den Objecten, sondern lediglich mit einer Scheidung unserer Begriffe zu thun. Unsere Begriffe aber übertragen wir in die Aussenwelt. Aus hypostasirten Begriffen setzen wir die Dinge zusammen.

III. Ontologische Antinomieen.

Ueberblicken wir die geschichtliche Genese der einzelnen physikalischen Axiome, so bietet sich uns das Schauspiel eines unablässigen Wettkampfes zwischen Abstraction aus der Erfahrung und a priori sich vollziehender Begriffsentwicklung. Sobald ein Axiom durch die Erfahrung gefunden ist, bemüht sich die Speculation die einleuchtende Evidenz desselben aufzuzeigen, häufig eilt aber auch die Speculation der Erfahrung voraus, und sucht die Gewissheit eines Axioms zu beweisen, das erst viel später von der empirischen Wissenschaft anerkannt wird. Neben diesen die Erfahrung unterstützenden Begriffsentwicklungen läuft jedoch eine Reihe anderer, die der Erfahrung geradezu widersprechen und den Beweis zu führen suchen, dass das Gegentheil der axiomatischen Sätze a priori einleuchtend und allein möglich sei. Bei einzelnen Axiomen liefert uns die Geschichte die der Erfahrung beistimmende Begründung vollständiger, bei andern ist die der Erfahrung feindselige Deduction die ausgebildetere, bei noch andern treten uns beide gleichzeitig als offene Widersprüche der Begriffsentwicklung entgegen. Wir können auch, wo letzteres nicht der Fall ist, wenn wir uns nur in den der Entwicklung zu Grunde liegenden Gedankengang hereinversetzen, leicht beide Reihen ergänzen. Tilgen wir zugleich einzelne Inconsequenzen und Zugeständnisse gegenüber der Empirie aus, so erhalten wir eine Reihe von Thesen, die mit dem Inhalt der physikalischen Axiome übereinstimmen, und eine Reihe von Antithesen, die ihm geradezu widerstreiten; beide suchen aus dem Wesen des Ursache- und Kraftbegriffs ihre Gewissheit zu behaupten. Wir gerathen so in folgende ontologische Antinomieen.

1. Thesis.

Alle Ursachen in der Natur sind Bewegungsursachen.

Allem Wechsel muss etwas zu Grunde liegen, woran der Wechsel geschieht. Dieses zu Grunde liegende kann also nicht selber wechseln. Es muss daher den Veränderungen in der Natur eine beharrliche Substanz, die Materie, zu Grunde liegen. Die einzigen Veränderungen aber, bei denen die Materie beharrlich bleiben kann, sind Ortsveränderungen.

1. Antithesis.

Alle Ursachen in der Natur sind Ursachen qualitativer Veränderungen.

Eine Ortsveränderung kann — vorausgesetzt dass sie nicht eine mitgetheilte Bewegung ist, und eine solche weist immer auf eine frühere zurück, die nicht durch Mittheilung entstund — nur dadurch geschehen, dass entweder derjenige Körper, der seinen Ort wechselt, oder ein anderer sich qualitativ verändert. Denn soll, nachdem zuvor Alles in Ruhe gewesen ist, ein Körper seinen Ort wechseln, so muss zu den seither vorhandenen Ursachen eine neue hinzukommen. Dieses Hinzutreten einer neuen Ursache ist aber eine Veränderung des Vorhandenen und zwar eine Veränderung, die selbst keine Bewegung sein kann, da die Bewegung erst als ihre Wirkung auftreten soll. Es muss also rein qualitative Veränderungen geben, welche die Ursachen aller Veränderungen in der Natur sind.

2. Thesis.

Jede Bewegungsursache liegt ausserhalb des Bewegten.

Die Wirkung muss räumlich getrennt von ihrer Ursache gedacht werden. Denn wären sie nicht getrennt, so könnten wir Ursache und Wirkung nicht

2. Antithesis.

Jede Bewegungsursache liegt innerhalb des Bewegten.

Die Wirkung kann nicht räumlich getrennt von ihrer Ursache gedacht werden. Denn wollten wir annehmen, dass eine Wirkung da geschieht, wo

unterscheiden. Sobald aber Ursache und Wirkung eins wären würden sie gegenseitig sich aufheben.

3. Thesis.

Jede Bewegungsursache wirkt in der Richtung der geraden Verbindungslinie ihres Ausgangs- und Angriffspunktes.

Für jede Wirkung muss eine bestimmte Ursache vorhanden sein, vermöge deren die Wirkung so und nicht anders geschieht. Nun besteht die Bewegung in dem Einschlagen einer bestimmten Richtung. Die Bestimmtheit der Ursache besteht also darin, dass sie gerade diese Richtung und keine andere voraussetzt. Daraus folgt, dass die Ursache in derselben Richtung oder, da jede Richtung durch eine gerade Linie dargestellt wird, in der geraden Verbindungslinie liegt; denn läge sie in einer andern Richtung, so bliebe es unbestimmt, nach welcher Richtung die Ursache ihre Wirkung ausüben sollte.

4. Thesis.

Die Wirkung jeder Ursache verharrt.

Wenn die Wirkung mit ihrer Ursache aufhörte, so würde die Ursache keine Wirkung zurücklassen; es wäre also gleich-

3. Antithesis.

Die erste Ursache aller Bewegungen muss eine Bewegung in geschlossener Curve hervorrufen.

Die Ursachen können nicht nach unveränderlichen Richtungen wirken. Denn sonst würden die Ursachen und folglich auch die Wirkungen unverändert verharren, also der Begriff von Ursache und Wirkung überhaupt aufhören. Damit Veränderungen entstehen, müssen die Ursachen veränderlich wirken. Die einzige Form, in der Bewegungsursachen fortwährend veränderlich wirken können, ist aber die, dass sie in geschlossenen Curven wirken.

4. Antithesis.

Jede Wirkung erlischt mit dem Aufhören ihrer Ursache.

Da die Wirkung nicht ohne zugehörige Ursache gedacht werden kann, so muss, sobald die Ursache aufhört, auch ihre Wirk-

bedeutend, ob die Ursache vorhanden gewesen wäre oder nicht, d. h. man hätte eine Ursache ohne Wirkung gesetzt.

ung ein Ende nehmen. Denn dauerte die Wirkung fort, so würde es eine Wirkung ohne Ursache sein.

5. Thesis.

Jeder Wirkung entspricht eine ihr gleiche Gegenwirkung.

Wenn eine äussere Ursache auf einen Körper wirkt, so muss auch in diesem eine Ursache sein, vermöge deren er auf sich wirken lässt, und zwar muss diese zweite Ursache der ersten genau gleich sein; denn wäre sie grösser, so müsste der Körper eine grössere Wirkung empfangen als Ursache vorhanden ist, was ein Widerspruch wäre, da nun ferner nothwendig gleiche Ursachen gleiche Wirkungen ausüben, so äussert der Körper eine Gegenwirkung, die ebenso gross ist wie die auf ihn geschehende Wirkung.

5. Antithesis.

Einer Wirkung entspricht keine Gegenwirkung.

Eine Ursache kann nur in dem Körper wirken, in welchem sie vorhanden ist. Nimmt man an, sie solle auf einen andern Körper wirken, so müsste man ein Ueberströmen der Ursache annehmen. Es würde dann zwar die Wirkung der Ursache sich fortpflanzen, aber selbst in diesem Fall könnte nicht neben der Wirkung noch eine Gegenwirkung stattfinden, ohne dass man die Ursache vervielfältigte.

6. Thesis.

Jede Wirkung ist äquivalent ihrer Ursache.

Die Ursache wird bei allen Veränderungen, die sie hervorbringt, nicht verändert, denn sonst wäre sie, da jede Veränderung eine Ursache hat, selber Wirkung und nicht Ursache. Wenn aber die Ursache verharrt, so müssen alle in der Zeit auf einander folgenden Wirkungen derselben constant bleiben. Denn

6. Antithesis.

Ursache und Wirkung stehen in keiner messbaren Wechselbeziehung.

Jede Veränderung in der Natur hat ihre Ursache. Nun müssen die Ursachen selbst fortwährend sich verändern. Denn wenn dieselben Ursachen andauerten, so müssten auch die verhandenen Wirkungen andauern, es gäbe also keinen Wechsel, der überhaupt die Annahme von Ursachen nöthig

würden sie grösser oder kleiner so müsste dafür eine Ursache existiren, es müsste also zu der vorhandenen Ursache eine neue getreten sein. Daraus folgt, dass die Grösse der Wirkung der Grösse der Ursache correspondirt, d. h. dass beide einander äquivalent sind.

machte. Ferner kann aber auch die Wirkung der Ursache nicht äquivalent sein. Denn wollte man die Ursache der Wirkung gleich setzen, so hätte man lediglich die Wirkung doppelt genommen, für die doppelte Wirkung müsste dann wieder eine doppelte Ursache angenommen werden, u. s. f. Es ist demnach die Ursache nothwendig disparat ihrer Wirkung, und kann daher irgend eine Maassbeziehung zwischen denselben nicht existiren.

In der ersten dieser Thesen wird der Begriff der Veränderung getrennt in den Subjectbegriff des Veränderlichen und in den Prädicatbegriff des Veränderns. Dann wird dem Subjectbegriff eine ihm correspondirende Erscheinung geschaffen. Diese wird zur beharrenden Substanz, weil das Veränderliche, ehe es seine Prädicate empfängt, unverändert bleibt. Die Trennung des Subjects wird somit in der Erscheinung verewigt und das Veränderliche als das an und für sich unverändert bleibende zur beharrenden Materie gestempelt. Aber hierin liegt ein Widerspruch. Was unverändert verharrt ist eben nicht mehr veränderlich. Die Antithesis greift daher die Thesis an. Sie hebt umgekehrt den Begriff des Veränderns hervor, und, indem sie diesen in der Erscheinung verewigt, schafft sie einen unaufhörlich fliessenden Wechsel. Ein solcher kann aber nur in qualitativer Veränderung seine Quelle haben, da Ortsveränderungen immer auf eine Veränderung in der qualitativen Beschaffenheit des Gegebenen zurückweisen, indem ohne die letztere sich ein Anfang der Bewegungen in der Natur nicht denken liesse.

Die zweite Thesis macht die Scheidung der Begriffe Ursache und Wirkung zu einer räumlichen Scheidung in der Erscheinung. Hiergegen erhebt sich die Antithesis. Ursache und Wirkung können nicht von einander geschieden werden, sagt sie, weil sich jede Ursache auf eine Wirkung und jede Wirkung auf eine Ursache bezieht. Diese nothwendige Coexistenz der

Begriffe wird zu einer räumlichen Coexistenz in der Erscheinung.

Die dritte Thesis fixirt den einzelnen Augenblick der Bewegung und verewigt die in diesem vorhandene Ursache, indem sie derselben die Lage im Raume giebt, welche durch die gegebene Bewegung allein fest bestimmt ist. Die Bestimmtheit im Verhältniss der Begriffe wird zu einer Bestimmtheit des räumlichen Verhältnisses. Die Antithesis betrachtet dagegen die Bewegungen in ihrem Gesammtzusammenhang. Hier findet sie die Bewegung nur begreiflich, indem sie ihr keinen bestimmten Anfang im Raum giebt. Indem die Ursache an die Wirkung gegebunden gedacht wird, würde aus der Zumuthung der Bewegung einen Anfang zu geben die andere Zumuthung hervorgehen, auch der Bewegungsursache einen solchen Anfang zu geben. Diese Zumuthung kann nun in Bezug auf keinen einzigen bestimmten Punkt des Raumes und der Zeit erfüllt werden, denn der eine Punkt hat ebensoviel für sich wie der andere. Die so bleibende Unbestimmtheit des Anfangs von Ursache und Wirkung wird dann in die Erscheinung übertragen zur unaufhörlichen Bewegung in geschlossener Curve.

Die vierte Thesis bildet das Seitenstück zur ersten. Wie diese das Veränderliche zur beharrenden Substanz erhebt, so jene das Veränderte. Das Veränderte als solches ist ein ruhender Begriff, der zwar auf eine Zeit zurückweist, wo es noch anders gewesen, aber in Gegenwart und Zukunft auf ein Beharrliches deutet. Dieses Beharrliche wird in der Erscheinung zur fortdauernden Wirkung der Ursache. Dagegen hebt die Antithesis wieder den Process des Veränderns hervor. Indem ihr Ursache und Wirkung nur in dem Werden der Veränderung bestehen, und ein jeder jener Wechselbegriffe dieses Werden nur unter einem andern Gesichtspunkt betrachtet, erlischt mit geschehener Veränderung nothwendig sowohl Ursache als Wirkung. Die Zusammengehörigkeit der Begriffe wird zu einer zeitlichen Coexistenz der Erscheinungen: Ursache und Wirkung fliessen zusammen in dem Process der Veränderung.

Die fünfte Thesis geht noch um einen Schritt weiter in der Trennung der Begriffe Ursache und Wirkung: sie führt den zweiten Act dieser Trennung aus. Nachdem der erste Act die Vertheilung der Ursache und der Wirkung auf verschiedene Objecte vollführt hatte, wird in dem zweiten Act jedes dieser Objecte noch einmal zergliedert. Diese zweite Zergliederung

führt, in die Erscheinung übertragen, dazu jedes Object gleichzeitig als Ursache und als Wirkung aufzufassen. Die Antithesis dagegen hält wieder an der Zusammengehörigkeit der Ursache und der Wirkung fest, und mit dem Leugnen der Wirkung noch aussen leugnet sie auch die Gegenwirkung.

Die sechste Thesis steht zur ersten und zur vierten in näherer Beziehung. Sie hebt im Gegensatz zum Begriff des Veränderten den des Verändernden hervor. Das Verändernde als solches kann nicht veränderlich sein, denn sonst würde es selbst in Verändertes übergehen. So wird auf ein beharrliches Veränderndes zurückgeschlossen. Dies ist ein Widerspruch, den die Antithesis aufgreift. Was fortwährend verändert kann nicht selber beharrlich sein. Jede Veränderung in der Welt setzt eine Veränderung in den Bedingungen voraus, denn sonst wäre keine Veränderung eingetreten. Auch hier lässt die Antithesis Ursache und Wirkung in den einen Begriff der Veränderung zusammenlaufen.

Alle Thesen stimmen darin überein, dass sie die Trennung der beiden Begriffe Ursache und Wirkung zu einer Trennung in der Erscheinung machen, während die Antithesen der Zusammengehörigkeit derselben Begriffe ein Zusammenfliessen der Erscheinungen entsprechen lassen. Den Thesen und den Antithesen ist es also gemeinsam, dass sie das im Begriff erfasste auf die Erscheinungen übertragen. Dadurch laufen aber beide Beweisreihen auf eine leere Sophistik hinaus, die in Bezug auf die Wirklichkeit des Geschehens schlechterdings nichts beweist.

Am offensten liegt die Sophistik der Antithesen zu Tage. Sie fällt durch die einzige Bemerkung, dass das wechselseitige Bedingtsein der Begriffe und die Untrennbarkeit der zusammengehörigen Erscheinungen in Raum und Zeit durchaus verschiedene Dinge sind. Vom Standpunkt der Antithesen kann man geradezu Alles beweisen, denn für diesen Standpunkt behält der Causalbegriff nur noch den Werth einer unnützen Begriffsdistinction. Wenn alle Veränderung eine metaphysische, in der Erscheinung niemals von der Wirkung zu trennende Ursache hat, so ist dies physisch ebensoviel, als wenn die Veränderung sich selbst Ursache wäre. Das einzige die Veränderung nothwendig begleitende ist dann die Veränderung selber. Die Forderung des Causalgesetzes, für jede Wirkung eine Ursache zu finden, hat nun keine Bedeutung mehr, und zwischen Ursachen des Geschehens

und Ursachen des Seins giebt es keinen Unterschied. Denn das Geschehen ist nur noch ein wechselndes Sein. Die Erkenntniss der Natur ist vollendet mit der Anschauung.

Diesem intuitiven Standpunkt der Antithesen gegenüber vertreten die Thesen den discursiven. Aber auch die Beweisführungen der Thesen sind ein leeres dialektisches Spiel. Dass ihre Schlussfolgerungen wahr sind, ist ein Zufall, keine logische Nothwendigkeit. Der Vorzug, den die Thesen vor den Antithesen voraushaben, ist dieser, dass sie der Unterscheidung der Begriffe Ursache und Wirkung auch eine Trennung in der Erscheinung entsprechen lassen. Denn in der That, wie sollten wir diese Begriffe jemals bilden, wenn nicht irgend etwas auf ihre Scheidung uns hinlenkte? Dies ist ohne Zweifel der Grund, wesshalb die Beweise der Thesen einleuchtender scheinen. Aber auch diese Evidenz a priori ist nur eine scheinbare. Gestützt auf den Satz „die Ursache muss in der Erscheinung von der Wirkung getrennt sein" lässt sich auch das Gegentheil der Axiome behaupten. So sind 1) qualitative Veränderungen des Gegebenen denkbar, denn die verschwundene Qualität kann die Ursache der enstandenen und die entstandene die Ursache der verschwundenen sein. Es braucht 2) die Bewegungsursache nicht räumlich getrennt von dem Bewegten sein, denn, die Durchdringlichkeit der Materie vorausgesetzt, können auch Bewegendes und Bewegtes verschiedene Substrate haben und dennoch einander durchdringen. Es kann 3) das Bewegte jeden möglichen Weg einschlagen. Warum sollte z. B. ein Körper nicht bewirken können, dass sich ein anderer in einer Kreislinie um ihn herumbewege? Ebensowenig ist 4) das Verharren der Wirkung durch ihre Trennung von der Ursache gefordert. Vollends liegt hierin 5) nicht die Nöthigung die Trennung zu wiederholen und aus der Wirkung noch einmal eine Ursache auszusondern. Endlich ist 6) nicht einzusehen, warum nicht neue Ursachen sollten entstehen und damit die Summe der vorhandenen Wirkungen sich vermehren, oder warum nicht die Wirkungen sollten ungleichwerthig den Ursachen sein können. In der That gelingt es den Thesen nur dadurch ihre Beweisführung zu vollenden, dass sie die Begriffsscheidungen Ursache und Wirkung, Veränderliches und Verändertes u. s. w. als absolute Gegensätze in der Erscheinung verewigen. Die Ursache wird nie Wirkung, das Veränderliche nie ein Verändertes. Die Thesen übersehen, dass diese Begriffe nur Beziehungsbegriffe und nicht unabänderlich an bestimmte Erscheinungen gekettet

sind. Desshalb ist der Standpunkt der Thesen wie derjenige der Antithesen der ontologische. Die Entstehung des dialektischen Streites trotz der Gleicheit des Standpunktes erklärt sich aus einer verschiedenen Auffassung des Causalprincips, das in jedem der sechs Axiome vorausgesetzt ist. Ehe wir in der Untersuchung der Axiome weitergehen, wird es daher erforderlich sein, dieses wichtige Princip in Bezug auf die verschiedenen Formen seines Ausdrucks und seiner Begründung, soweit dies für unsern Zweck erforderlich ist, näher in's Auge zu fassen.

IV. Das Causalgesetz.

Dem Causalprincip kommt in den Naturwissenschaften eine doppelte Bedeutung zu. Theils wird es als das oberste Gesetz alles Geschehens betrachtet, und in dieser ersten Bedeutung giebt man ihm die Form: „Alles was geschieht hat eine Ursache;“ theils aber gilt es als das oberste Regulativ der Forschung, in dieser letzteren Bedeutung, in der man es auch als Satz vom zureichenden Grunde bezeichnet, können wir ihm folgenden Ausdruck geben: „Alles was geschieht muss auf eine Ursache zurückgeführt werden, die zur Erklärung zureicht.“ Wir fassen hier zunächst das Causalprincip in seiner Eigenschaft als Gesetz in's Auge, in seiner Eigenschaft als Princip der wissenschaftlichen Methodik werden wir ihm nachher eine besondere Betrachtung widmen.

Die Streitfrage, ob das Causalgesetz eine Gewissheit a priori besitze oder nicht, lassen wir vorerst noch bei Seite; wir beginnen mit der Bemerkung, die davon unabhängig ist, und der schwerlich Jemand widersprechen wird, dass eine bestimmte psychologische Entwicklung erforderlich sei, um uns das Gesetz zum Bewusstsein zu bringen.

Die psychologische Entwicklung des Causalbegriffs schliesst sich nun ohne Zweifel an die Entstehung des Begriffs der Gesetzmässigkeit in der Natur an. Man könnte zwar sagen: der Begriff der Ursache schliesst nur in sich, dass jede Thatsache eine andere Thatsache voraussetzt, durch die sie bedingt ist; eine und dieselbe Ursache könnte also die verschiedensten Wirkungen nach sich ziehen, ohne dass dadurch der Begriff der Ursache an sich zerstört würde. Aber man würde damit eben den Begriff der Ursache von seiner psychologischen Wurzel losgelöst haben. Denn wenn nicht aus der nämlichen Ursache immer genau die nämliche Wirkung hervorgienge, wenn nicht mit einem Wort

eine Gleichförmigkeit der Erscheinungen existirte, würden wir unmöglich zu dem Begriff der Ursache gelangen können. Es sind ja gerade die scheinbaren Ungleichförmigkeiten in der Natur, die uns zuweilen an diesem Begriff irre machen, und die oft selbst in der Wissenschaft der Anerkennung des Causalgesetzes in Bezug auf gewisse Erscheinungen im Wege stunden. Würde nun die Regellosigkeit die Regel sein, so wäre nicht abzusehen, wie wir den Begriff der Ursache jemals in unserm Bewusststein sollten entwickelt haben. Jene Gleichförmigkeit der Erscheinungen aber ist es, die wir mit dem Namen der Gesetzmässigkeit belegen, indem wir hierbei offenbar einen den menschlichen Verhältnissen entnommenen Begriff auf die Natur übertragen. Wie das bürgerliche Gesetz eine gewisse Gleichförmigkeit in den willkürlichen Handlungen der Einzelnen fordert, so ist es das Naturgesetz, das dem Geschehen in der Natur seine Regel vorschreibt.

Der Begriff des Gesetzes schliesst ein Verhältniss der Abhängigkeit in sich. Zunächst liegt darin freilich nur die Abhängigkeit von dem Gesetze selber. Aber ein abstractes Gesetz kennen wir nicht in Bezug auf die Naturerscheinungen. Wir haben uns beim Anblick derselben nicht sogleich den Begriff des Gesetzes gebildet und dürfen nun die Abhängigkeit vom Gesetz daraus folgern, sondern wir haben uns vielmehr zuerst den Begriff der Abhängigkeit gebildet und auf diesen den schon vorhandenen Begriff des Gesetzes, der hier weit mehr ein Bild als ein aus den Thatsachen selbst abstrahirter Begriff ist, angewendet. Was ist das aber für ein Verhältniss der Abhängigkeit, das uns in der Natur entgegentritt? Es ist die Abhängigkeit einer jeden Erscheinung von andern Erscheinungen. Der Eintritt einer Erscheinung ist, wie wir uns ausdrücken, bedingt durch den gleichzeitigen oder vorausgegangenen Eintritt einer gewissen Zahl anderer Erscheinungen. So gelangen wir zur Unterscheidung des Bedingten von seinen Bedingungen. Damit ist auch der populäre Begriff der Ursache ziemlich erschöpft. Denn in dem gewöhnlichen Sprachgebrauch kommen die Bezeichnungen Bedingung und Ursache ziemlich unterschiedslos vor, und die nämliche Thatsache kann in dem nämlichen Zusammenhang von Erscheinungen einmal Ursache und ein anderes Mal bloss Bedingung heissen.

Dennoch macht schon der populäre Sprachgebrauch bemerkenswerthe Unterschiede. Der Physiker, der einen Körper zu Boden fallen lässt, um daran die Gesetze des Falls zu erläutern,

wird die Schwere als die Ursache des Fallens bezeichnen; ein Zuschauer, der bloss das Phänomen wahrnahm, wird aber vielleicht sagen: der Körper ist gefallen, weil ihn der Mann aus der Hand gleiten liess, und er wird dabei die Schwere als eine selbstverständliche Bedingung voraussetzen. Im gewöhnlichen Leben nennen wir also nicht gerade diejenigen Bedingungen Ursachen, die an sich die wichtigsten sind, sondern diejenigen, die uns zufällig als die wichtigsten erscheinen, oder auf die wir für unsern augenblicklichen Zweck besondern Werth legen. Es kommt mit einem Wort bei der Feststellung der Ursachen auf den Gesichtspunkt des Redenden an.

Hierbei ist noch Folgendes zu beachten. Wir pflegen, wo die Phänomene nicht besonders verwickelt sind, nur eine einzige der Bedingungen als Ursache hervorzuheben. Ganz besonders den Naturerscheinungen gegenüber besitzen wir diese Neigung zur Annahme einer einzigen Ursache, während wir, wo es sich um sonstige Verhältnisse handelt, bei denen überhaupt der Werth der einzelnen Bedingungen schwer sich beurtheilen lässt, und wo für das gewöhnliche Leben die Ausdrücke Ursache und Bedingung gänzlich in einander laufen, häufig auch eine Vielheit von Ursachen bezeichnet wird. Welche Bedeutung hat nun jene Neigung, eine einzige Bedingung als Ursache hervorzuheben? Offenbar kann dieselbe nur aus der Beobachtung, dass einfache Erscheinungen auch nur einer einzigen, bestimmten Thatsache als Bedingung ihres Eintritts bedürfen, herstammen? Diese Wahrnehmung übertragen wir dann selbst auf complicirtere Erscheinungen, bei denen eine Mehrheit von Bedingungen zusammenwirkt, und greifen aus diesen diejenige, die für jenen Theil des Phänomens, auf welchen wir besondern Werth legen, ausschliessliche Bedingung ist, als Ursache heraus. So ist dem Physiker, der die Gesetze des Falls erläutern will, das Fallen des Körpers gegen die Erde die Hauptsache; dass er zuvor den Körper hat aus der Hand gleiten lassen, bleibt ihm ein untergeordnetes Hülfsmittel, eine Nebenbedingung. Dem Zuschauer dagegen, der umgekehrt das Fallen der Körper gegen die Erde für eine selbstverständliche Sache hält, ist das Gleitenlassen die Hauptsache. Beide haben das Wort Ursache in gleichem Sinne gebraucht, jeder hat die ausschliessliche Bedingung für denjenigen Theil des Phänomens, den er meinte, Ursache genannt. Als Ursache bezeichnen wir somit stets die ausschliessliche Bedingung einer Erscheinung oder desjenigen Theils einer Erscheinung, auf

welchen wir im gegebenen Fall Rücksicht nehmen. Der wissenschaftliche Begriff der Ursache ist hiernach von dem Begriff des gewöhnlichen Sprachgebrauchs nicht wesentlich unterschieden. Nur in Demjenigen, worauf sie Werth legen, unterscheiden sich beide.

Wir vertauschen fast ohne Wahl die Ausdrücke Ursache und Wirkung mit Grund und Folge. In dem Wort Folge liegt offenbar die Vorstellung des Späteren in der Zeit. Muss in der That die ausschliessliche Bedingung einer Erscheinung nothwendig der Erscheinung vorausgehen? Wenn eine Büchse losgeschossen wird, sagt man, so tritt zuerst als Ursache die Entzündung des Pulvers und dann als Wirkung die Fortbewegung der Kugel ein; sind beide auch nur durch einen Moment geschieden, so muss doch unbedingt die Entzündung des Pulvers vorausgehen. Aber dagegen lässt sich einwenden: so lange die Entzündung nicht wirklich bewegend auf die Kugel einwirkt, ist sie auch nicht die Ursache dieser Bewegung. Es liessen sich Umstände denken, unter denen die Entzündung erfolgte und dennoch die Kugel, etwa wegen ihres zu grossen Widerstandes oder der zu geringen Expansivkraft der Gase, in Ruhe bliebe. Erst in dem Moment, wo durch die Entzündung die Bewegung wirklich eintritt, kann die erstere die Ursache der letzteren genannt werden. Sobald wir genau den Anfang der Wirkung ins Auge fassen, kann die Ursache nicht als etwas früheres betrachtet werden. Es giebt eine Anzahl permanenter Ursachen in der Natur, deren Dasein allen Wirkungen, die wir beobachten können, vorangegangen ist, wie die Sonne, die Erde, die Atmosphäre u. s. w. Wenn ein Stein zur Erde fällt, so können wir desshalb sagen: das Dasein der Erde ist eine von Ewigkeit her bestehende Ursache in der Natur, Alles was durch dieses Dasein der Erde bedingt ist, folgt demnach ausserordentlich spät erst dieser Ursache nach. Aber wir übersehen hierbei, dass die Erde auf diesen besonderen fallenden Stein doch erst in dem Moment als Ursache wirkt, wo der Stein in der That zu fallen anfängt. Ehe der Fall geschieht, kann man auch nicht von einer Ursache des Falls reden.

So verwickeln wir uns denn in eine vollständige Antinomie. Auf der einen Seite haben wir die Thesis: die Wirkung muss der Ursache nachfolgen. Wenn sie nicht nachfolgte, so würde dies heissen, dass eine Wirkung anfangen könne, ehe ihre Ursache schon da sei, was ein Widerspruch ist. Auf der andern Seite steht die Antithesis: die Wirkung muss immer streng gleich-

zeitig mit der Ursache sein. Denn sollte die Ursache der Wirkung vorausgehn, so würde dies heissen, dass eine Ursache ohne Wirkung existire, was ein Widerspruch ist. Diese Antinomie hängt sichtlich mit den Streitigkeiten über das vierte Axiom sehr nahe zusammen, und sie hat, gleich diesen, die Physiker und Philosophen vielfach beschäftigt. In dem Satz „cessante causa cessat effectus" lag auch die Annahme inbegriffen, dass mit der Ursache gleichzeitig die Wirkung entstehe, und diese Annahme ist bis in die neueste Zeit vielfach wiedergekehrt. Indem David Hume, an der metaphysischen Lösung des Problems der Causalität gänzlich verzweifelnd, die Begriffe Ursache und Wirkung auf die des Antecedens und Consequens zurückführte, hat er endlich die empiristische Begründung des Causalgesetzes geschaffen, welche noch in der heutigen Physik gilt. Aber gegen die Definition „was einer Erscheinung vorangeht heisst ihre Ursache" hat man immer wieder den Einwand erhoben, dass in ihr nur eine Regel der Aufeinanderfolge, kein Gesetz mit dem Charakter der Nothwendigkeit gelegen sei. „Wenn Ursache und Wirkung gleichbedeutend ist mit Antecedens und Consequens," bemerkte Reid, „so ist der Tag die Ursache der Nacht und die Nacht die Ursache des Tages, denn seit die Welt steht sind beide regelmässig einander gefolgt." Man suchte demgemäss nach einem solchen Zusammenhang zwischen Ursache und Wirkung, der, wenn nur die Ursache gegeben sei, unmittelbar auch die Wirkung als nothwendig folgend voraussehen liesse. Dieses Bestreben, von dem die Speculation, wo sie immer sich mit dem Causalprincip beschäftigte, ausgieng, war der Grund, dass sehr frühe schon ein bestimmtes Beispiel der Verursachung als das wahre Urbild derselben angesehen wurde. Dieses Beispiel ist der Wille. In dem Willen wird das Gewollte vorausgesehen, aber in der Erscheinung folgt es erst nach. Hierin glaubte man ein Beispiel der Verursachung zu haben, welches die Erklärung des nothwendigen Zusammenhangs zwischen Antecedens und Consequens schon in sich selber trage, und welches daher geeignet sei auch auf alle jene Fälle Licht zu werfen, wo jener Zusammenhang dem Zuschauer nicht so offen vor Augen liege. Man sagte sich: wo der Zuschauer ausserhalb der Erscheinungen steht, da wird er naturgemäss den Zusammenhang derselben nicht ergründen können, er muss, um diesen Zusammenhang zu finden, jene Fälle zu Hülfe nehmen, wo er selbst innerhalb steht, und das ist der Fall bei seinem eigenen Willen. Es ist bezeichnend für dieses

Bestreben, die willkürlichen Handlungen für das Urbild der Causalität zu nehmen, dass der früheste Begriff der Ursache, wie wir an einer andern Stelle ausgeführt haben, mit dem des Zwecks zusammenfiel, und dass erst später die andern Formen der Causalität dem Zweck beigeordnet wurden. Aber die Neigung den Zweckbegriff zum herrschenden Causalbegriff zu machen trat von nun an immer wieder in dem Bedürfnisse hervor jenseits der physikalischen Verursachung die Endursachen, die man sich von einem höheren Willen ausgehend dachte, als den eigentlichen und tieferen Grund der Erscheinungen anzusehen. Noch in neuerer Zeit hat eine Schule englischer Metaphysiker den Satz aufgestellt, dass die Willensthätigkeit die einzige causa efficiens aller Erscheinungen sei *), ein Satz, der freilich in der Durchführung lediglich auf die Forderung hinausläuft alle Causalität nach der Analogie der Willensthätigkeit zu erklären, eine Forderung, die dazu bestimmt ist immer blosse Forderung zu bleiben. „Die Einwirkung des Motivs," sagt in ähnlichem Sinne Schopenhauer, „wird von uns nicht bloss wie die aller andern Ursachen von aussen und daher nur mittelbar, sondern zugleich von innen, ganz unmittelbar und daher ihrer ganzen Wirkungsart nach erkannt. Hier stehen wir gleichsam hinter den Coulissen und erfahren das Geheimniss, wie dem innersten Wesen nach die Ursache die Wirkung herbeiführt: denn hier erkennen wir auf ganz anderm Wege, daher in ganz anderer Art. Hieraus ergiebt sich der wichtige Satz: die Motivation ist die Causalität von innen gesehen" **).

Wir behaupten nun: diese immer wiederkehrende Neigung die Willensthätigkeit zum Urbild der Causalität zu machen, ist der wahre Grund der Auflösung des Verhältnisses von Ursache und Wirkung in das von Antecedens und Consequens. Der Wille muss der durch ihn gesetzten Handlung immer vorangehen. Denkt man sich also die Motivation als die „Causalität von innen gesehen", so gehört es zum Wesen der ursächlichen Verknüpfung, dass die Wirkung ihrer Ursache nachfolgt. Der Begriff der nothwendigen Verknüpfung hatte auf den Willen geführt, und dieser gab nun dem Causalzusammenhang seine zeitliche Form. Es ist bemerkenswerth, dass selbst die Empiriker, die sich frei machten von jener metaphysischen Begründung, wie

*) Reid, essays on the active powers, ess. IV.

**) Schopenhauer, die vierfache Wurzel des Satzes vom zureichenden Grunde, 3. Aufl. S. 145.

Hume, gerade in der Auflösung des Causalzusammenhangs in ein Antecetens und Consequens noch mit ihr zusammenhängen. Denn eine unbefangene Betrachtung der Thatsachen kann gar nicht leugnen, dass eine Menge von Wirkungen gleichzeitig mit ihren Ursachen ist.

Es bedarf nun bloss einer Verallgemeinerung der Willenstheorie, um den ontologischen Ursprung dieser Auflösung der Causalverknüpfung in die Zeitfolge vollständig einzusehen. „Die Causalität führt", um mit Kant zu reden, „auf den Begriff der Handlung, diese auf den Begriff der Kraft, und dadurch auf den Begriff der Substanz." „Handlung bedeutet schon das Verhältniss des Subjects der Causalität zur Wirkung. Weil nun alle Wirkung in dem besteht was geschieht, mithin im Wandelbaren, was die Zeit der Succession nach bezeichnet; so ist das letzte Subject desselben das Beharrliche, als das Substratum alles Wechselnden, d. i. die Substanz. Denn nach dem Grundsatze der Causalität sind Handlungen immer der erste Grund von allem Wechsel der Erscheinungen, und können also nicht in einem Subject liegen was selbst wechselt, weil sonst andere Handlungen und ein anderes Subject, welches diesen Wechsel bestimmte, erforderlich wären *)." Im selben Sinne wird von einem neueren Philosophen jede Naturkraft eine „qualitas occulta" genannt, welche, keiner physischen Erklärung fähig, der Verursachung vorausgehe **).

In der Einschiebung des Mittelbegriffs der Handlung zeigt diese Deduction noch ihren Ursprung aus der Willenstheorie. Sie unterscheidet sich von der letzteren dadurch, dass sie die Causalität nicht der Motivation unterordnet sondern beide zusammen unter den höheren Begriff der handelnden Substanz bringt. „Die Ursache — dies ist der Sinn dieser Erklärung der Zeitfolge im Causalbegriff — kann nicht veränderlich sein, denn ihre Veränderung müsste eine Ursache haben, d. h. es müsste die Ursache zur Wirkung werden, was ihrem Begriff widerstreitet. Die Ursache ist also beharrende Substanz, Das Beharrende geht aber dem Veränderlichen in der Zeit voran, folglich kommt die Ursache vor ihrer Wirkung." Ob man nun die Ursache selbst oder erst eine verborgene Naturkraft, aus welcher die Ursache hervorfliesst, als das Beharrliche ansieht, macht keinen wesentlichen Unterschied.

---

*) Kritik der rein. Vernunft, Ausgabe von Rosenkranz S. 173.

**) Schopenhauer, vierfache Wurzel S. 46.

Wir sehen hier in derselben Weise wie bei den Beweisführungen der Axiome die Trennung der Begriffe in der Erscheinung verewigt. Damit dass uns in der Natur immer nur ein Phänomen in Bezug auf ein anderes als Ursache gegeben sei, giebt sich der Ontologe nicht zufrieden, sondern er fühlt sich gedrungen eine Ursache an sich in den Mittelpunkt der Erscheinungen zu setzen sei es geradezu als beharrende Substanz sei es in der Form transcendenter Naturkräfte, wozu ihn die ungenügende Kenntniss gewisser Bewegungsursachen ermuthigt.

Wenden wir uns der Seite der Antithesis zu, so treffen wir auf die merkwürdige Erscheinung, dass noch neuerdings gerade von Naturforschern gegen die Hume'sche Auffassung des Causalgesetzes Einwände erhoben worden sind. John Herschel hat diesem Gegenstande eine eigene Abhandlung gewidmet. „Unter Wirkung" — dies ist ungefähr der Gedankengang Herschel's — „verstehen wir eine durch eine Ursache bedingte Veränderung. Nun ist die directe Wirkung, die eine Ursache äussert, immer streng gleichzeitig mit der Ursache. Die Anziehung z. B., welche der Magnet auf das Eisen ausübt, ist gleichzeitig mit der Bewegung des Eisens. Eine Aufeinanderfolge scheint uns nur dann stattzufinden, wenn es sich um einen indirecten oder cumulativen Effect handelt. So z. B. wenn eine Kugel auf eine zweite, diese auf eine dritte stösst u. s. f. Wenn wir hier den Stoss gegen die erste Kugel als Ursache und die Bewegung der letzten Kugel als Wirkung auffassen, so geht allerdings die Ursache der Wirkung voran. Wenn ich aber, wie es richtiger ist, die Bewegung jeder Kugel als die Wirkung des Stosses, den sie selbst empfängt, betrachte, so sind Ursache und Wirkung mit einander gleichzeitig."*) Diese Deduction ist von manchen Physikern gebilligt worden **), von anderer Seite hat man die daraus gezogene Folgerung eingeschränkt, ohne sie aber im Wesentlichen zu entkräften ***). Nun lässt sich übrigens leicht zeigen, dass der Versuch die Wirkung als streng gleichzeitig mit ihrer Ursache nachzuweisen zu Widersprüchen mit der Erfahrung führt, trotzdem er sich den Schein giebt, als stütze er sich selbst auf die Erfahrung. Ein cumulativer Effect entsteht doch nur aus einer Menge von

*) Herschel, Essays p. 206.

**) Vgl. z. B. Grove, Wechselwirkung der phys. Kräfte S. 11.

***) Whewell, philosophy of induct. sciences vol. II p. 635.

Einzeleffecten. Es muss also auch schon der Einzeleffect eine gewisse Zeit brauchen. In der That haben die Physiker, welche der Gleichzeitigkeit von Ursache und Wirkung das Wort redeten, dies keineswegs übersehen, aber sie legten auf den Anfang der Wirkung den Hauptwerth, und wollten nicht zugeben, dass dieser von der Ursache der Zeit nach getrennt sein könne. Dem lag aber der Gedanke zu Grunde, dass der Anfang es eigentlich sei, der im strengsten Sinn als Wirkung bezeichnet werden müsse, da ja das Beharren in dem einmal angenommenen Zustand dem Princip der Trägheit gemäss erfolge, ohne eine neue Ursache vorauszusetzen. Es liegt also in diesen Behauptungen eine Dialektik verborgen, deren treibender Grund der Gedanke ist, Ursache und Wirkung könnten an sich nicht getrennt gedacht werden. Wir haben beim vierten Axiom schon ausführlich erörtert, wie bedeutend dieser Gedanke früher in die Wissenschaft hereingegriffen hat. Jetzt, nachdem das Axiom von dem Verharren der Wirkung unerschütterlich festgestellt ist, muss er sich natürlich diesem accomodiren. Aber indem er dem Begriff zu Liebe einen bestimmten Moment aus der Kette der Erscheinungen herausnimmt, kann er seinen ontologischen Ursprung nicht verhehlen.

Die Antinomie, in die wir uns verwickelt haben, führt auf zwei ontologische Behauptungen hinaus, von denen jede vorgiebt das wahre Causalgesetz zu sein. Die erste dieser Behauptungen verkündet, dass die Ursache als die Handlung einer beharrenden Substanz der Wirkung als dem Erfolg der Handlung vorausgehen müsse. Die zweite sagt aus, dass Ursache und Wirkung im Denken und daher auch in der Erscheinung nicht von einander getrennt werden können. Diese zwei Behauptungen sind zugleich die Stammeltern der Beweise und Gegenbeweise, die wir bei den sechs physikalischen Axiomen vorgefunden haben.

Die Antinomie löst sich vollständig durch die Bemerkung, dass der Causalbegriff weder von Zeitfólge noch von Gleichzeitigkeit etwas in sich enthält. Das Bestreben aus dem Causalbegriff die Zeitfolge oder Gleichzeitigkeit abzuleiten ist also im Plan verfehlt. Sobald man sich aber die Willkür zu Schulden kommen lässt den Zusammenhang der Begriffe auf den zeitlichen Verlauf der Erscheinungen zu übertragen, so haben Zeitfolge und Gleichzeitigkeit dasselbe Recht, weil die Ereignisse ebensowohl durch ihr Nacheinander als durch ihr Miteinander in Zusammenhang stehen können. Der Causalbegriff sagt über das

Causalgesetz nichts aus. Jedes Bestreben das letztere aus dem ersteren zu entwickeln führt zu einer ontologischen Behauptung. Das Causalgesetz ist ein phänomenologisches Gesetz, es ist das allgemeinste Gesetz des Zusammenhangs der Erscheinungen. Es ist daher nützlich schon aus seinem Ausdruck jede Beziehung zu entfernen, welche auf Begriffe und nicht auf Erscheinungen geht. In den gewöhnlichen Formulirungen, die man dem Gesetze giebt, wie z. B. „jede Wirkung setzt eine Ursache voraus", oder „Alles was geschieht hat eine Ursache, die vorausgeht" oder gar „Alles was ist hängt von einer Ursache ab" spiegeln sich vollständig jene Begriffsverkörperungen, auf die wir hinwiesen. Auf seine rein phänomenologische Formel gebracht wird aber das Causalgesetz folgendermassen lauten müssen: „Jedes Geschehen steht mit einem andern Geschehen in einem unabänderlichen Zusammenhang." Von einer Zeitbestimmung ist in diesem Ausdruck vorerst noch Umgang genommen. Wenn aber das Causalgesetz wirklich eine Zeitbestimmung a priori in sich enthält, so kann es diese nur aus denjenigen Bedingungen schöpfen, welche die Erscheinungen als Ereignisse in der Zeit nothwendig mit sich führen.

Wir wollen zunächst darauf hinweisen, dass in unserm Gesetz nicht nur die Wirkung sondern auch die Ursache in ein Geschehen transformirt ist. In Bezug auf die Wirkung wird dies kaum einer Rechtfertigung bedürfen. Wir fragen nie nach einer Ursache, wo es sich um das ruhende Sein der Dinge handelt, oder falls dies geschieht denken wir an den Moment des Werdens. Wollten wir die Causalität loslösen von dem Begriff der Veränderung, der ihre Wurzel ist, so würden wir uns alsbald in die ontologische Fälschung der Antithese verstricken. Nun ist aber leicht einzusehen, dass, wenn die Wirkung ein Geschehen ist, auch die Ursache ein Geschehen sein muss, sobald wir die im Causalprincip liegende Nothwendigkeit des Zusammenhangs von Ursache und Wirkung hinzunehmen. Wäre die Ursache ein Beharrendes, so könnte auch die Wirkung nicht erst entstehen.

Ein Geschehen ist nur in der Zeit möglich. Wenn ein Körper auf einen andern einen Stoss ausübt, so ist dieser Stoss ein Geschehen, das eine gewisse Zeit in Anspruch nimmt. Ich kann mir das Phänomen des Stosses nicht vorstellen, ohne den stossenden Körper eine Strecke weit, ehe er den andern erreicht,

in Bewegung zu sehen, und ebenso den gestossenen Körper eine Strecke weit, nachdem derselbe den Stoss erfahren hat. Wollte ich die beiden Körper bloss im Moment ihrer Berührung denken, so würden sie in meinem Vorstellungsbild ruhend neben einander liegen.

Auch auf diejenigen Fälle, in denen es sich um die Wirkung sogenannter Naturkräfte handelt, muss diese phänomenologische Auffassung ausgedehnt werden. Wenn ich einen Stein zur Erde fallen lasse, so geht dem Phänomen des Falls die Erhebung des Steins auf eine gewisse Höhe voran: die Erhebung ist die wahre Ursache des Falls; die Schwere ist nur eine permanente Bedingung, unter der gewisse Ursachen gewisse Wirkungen erzeugen können. Alle unveränderlich an materielle Substrate gebundenen Naturkräfte (wie Schwere, Magnetismus, Wärme u. s. w.) sind permanente Bedingungen, aber sie sind keine Ursachen. Denn die Schwere erzeugt nicht den Fall des Körpers, sondern die Erhebung erzeugt ihn, und in ihr ist sogar jene permanente Bedingung der Schwere schon eingeschlossen, da die Erhebung mit der Ueberwindung der Schwere verbunden ist.

Es giebt zahlreiche Fälle, in denen es vollkommen unserer Willkür anheimgestellt bleibt, welche von zwei Erscheinungen wir als Ursache und welche als Wirkung bezeichnen wollen. Ich kann sagen, der Magnet wirke anziehend auf das Eisen, oder, das Eisen wirke anziehend auf den Magneten. Ueberall wo durch eine Fortdauer der Wirkungen und Ursachen ein Gleichgewichtszustand erzeugt wird, bezeichnet die Physik dies ausdrücklich als eine gegenseitige Wirkung. Der Molecularzusammenhang eines Körpers beruht, wie wir uns ausdrücken, auf der gegenseitigen Anziehung seiner Theilchen. Aber wir müssen uns hier wohl daran erinnern, dass der phänomenologische Causalbegriff mit einem unveränderlich gegebenen Zusammensein gar nichts zu thun hat. Wenn alle Theile des Universums in einem ewigen Gleichgewicht der Kräfte stünden, so wäre kein Grund gegeben, warum wir den Causalbegriff im physikalischen Sinne uns bilden sollten. Von den Anziehungen, welche die Molecüle eines Körpers zusammenhalten, können wir nur reden, indem wir gleichsam die erste Zusammenfügung des Körpers aus seinen kleinsten Theilchen fingiren, und indem wir die anziehenden Wirkungen zwischen diesen Theilchen gerade so entstanden denken, wie wir die Anziehung zwischen dem Magneten und dem Eisen, die wir einander nahe bringen, entstehen sehen. Will ich aber die gegen-

seitige Wirkung in ihre Einzelursachen auflösen, so muss ich als Ursache für die Anziehung des Eisens die Herbeibringung des Magneten und als Ursache für die Anziehung des Magneten die Herbeibringung des Eisens setzen. Ueberall wo es sich um Wirkung und Gegenwirkung handelt, ist die Betrachtungsweise eine ähnliche. Jedesmal geht das Phänomen der Ursache dem Phänomen der Wirkung voran. Weil es anscheinend oft von unserm Belieben abhängt, was wir als Antecedens und Consequens denken wollen, so werden wir leicht verführt die Succession als einen blossen Schein aus dem Causalgesetz zu entfernen. Wir glauben, es handle sich hier bloss um eine Succession unserer subjectiven Vorstellungen, die aufzuheben sei, sobald wir unsere Vorstellungen auf äussere Erscheinungen beziehen. Dieser Irrthum entspringt daraus, dass wir bei dem Wort Erscheinung leicht bloss an die Gegenstände denken und davon abstrahiren, dass uns die Gegenstände als Erscheinungen immer in räumlichen und zeitlichen Verhältnissen gegeben sind. In der That bleibt überall wo es sich um Wirkung und Gegenwirkung handelt der Gegenstand der nämliche, ob ich ihn in seiner Beziehung als Ursache oder als Wirkung auffassen mag, aber die räumlichen und zeitlichen Verhältnisse des Gegenstands sind in beiden Fällen verschiedene, und eben desshalb ist die Ursache als Erscheinung nie mit der Wirkung als Erscheinung identisch. Wenn zwei Körper zusammenstossen, so kann ich jeden der stossenden Körper als Ursache und als Wirkung denken. Aber den Körper, den ich als Ursache denke, muss ich nothwendig schon während eines gewissen Zeitraums der Bewegung, in welcher er vor dem Zusammenstoss begriffen ist, auffassen, während ich den Körper, der die Wirkung erfährt, erst von dem Moment an aufzufassen habe, in welchem der Zusammenstoss erfolgt. Es ist daher streng genommen unrichtig und nur im Interesse der Kürze entschuldbar, wenn wir nicht überall, wo die Bezeichnungen Ursache und Wirkung gebraucht werden, den Gegenständen, auf die wir sie anwenden, diejenigen räumlichen und zeitlichen Bedingungen beifügen, unter welchen sie allein Ursachen oder Wirkungen genannt werden können. Eben desshalb, weil die Begriffe Ursache und Wirkung für die Dinge der Erfahrung nur dann eine Bedeutung haben können, wenn wir die Erscheinungen nicht losgelöst betrachten von den ihnen nothwendig anhaftenden Bedingungen unserer Anschauung, nennen wir das Causalgesetz, insofern es brauchbar für die Erfahrung ist, ein phänomenologisches Gesetz, und jedes Uebersehen der durch

unsere Anschauung gegebenen Bedingungen lässt uns unvermeidlich in ontologische Behauptungen zurückfallen.

Es bleibt uns nunmehr das letzte aber wichtigste Problem, welches in dem Causalgesetz verborgen liegt, zu betrachten übrig. Warum erscheint die Aufeinanderfolge bestimmter Erscheinungen nicht als eine bloss empirische Regel? Was nöthigt uns überall da wo wir eine causale Verknüpfung anerkennen zugleich den Charakter der Nothwendigkeit dem Zusammenhang der Erscheinungen beizulegen? Die Thatsache steht unbestritten da, dass sich der menschliche Geist bei der blossen Regelmässigkeit der Aufeinanderfolge nicht beruhigt sondern stets geneigt ist nach einem solchen Zusammenhang der causal verknüpften Erscheinungen zu suchen, der es nicht erst auf die Probe des Eintreffens ankommen lässt, sondern vermöge dessen, wenn die Ursache gegeben ist, die Wirkung mit Gewissheit vorausgesagt werden kann. Aber man ist selten weiter gekommen als das Bedürfniss nach einem solchen Zusammenhang zuzugeben, und wenn man denselben etwa näher aufzuzeigen versuchte, so blieb man doch immer wieder bei irgend einer Umschreibung jenes Zugeständnisses stehen. Indem Leibnitz den „Satz vom zureichenden Grunde" zum obersten Princip seiner Philosophie machte, hatte er dieser Thatsache unbewusst einen sehr sprechenden Ausdruck gegeben. In der Forderung, dass für jede Erscheinung ein Grund gesucht werden müsse, war die Nothwendigkeit der causalen Verknüpfung ausgesprochen, in der Limitation aber, dass der Grund als zureichend befunden werden solle, lag das Geständniss, dass der materielle Zusammenhang zwischen den verknüpften Erscheinungen nicht gerade das Kennzeichen einer zwingenden Nothwendigkeit an sich trage. So entschloss sich denn Hume die causale Nothwendigkeit als ein Product der Gewöhnung aufzufassen. Seine Theorie ist dann verschiedentlich modificirt worden. Man hat von einem „Trieb der Verallgemeinerung" geredet und diesen als psychologisches Factum zugegeben. Aber damit war nur in anderer Form ausgesprochen was bestritten werden sollte: dass nämlich die regelmässige Aufeinanderfolge an sich nichts enthalte was uns nöthigte dieselbe als eine nothwendige Aufeinanderfolge anzusehen *). Indem man die Umgestaltung in

*) „Es ist thatsächlich nicht wahr, dass die Menschen immer geglaubt haben, alle Successionen von Vorgängen seien gleichförmig und fänden nach festen Gesetzen statt", sagt Mill (Logik Bd. II

die letztere auf irgend einen psychologischen Factor zurückführte, war nur das Gesetz, das die Früheren aussen gesucht hatten, nach innen verlegt. Dies ist der Punkt, an welchen Kant's transcendentale Herleitung des Causalgesetzes anknüpft. Diese Herleitung ist im wesentlichen folgende: Wir können die Zeitanschauung nur auf Erscheinungen anwenden, indem wir jeder Erscheinung eine bestimmte, nicht durch die subjective Willkür unserer Einbildungskraft veränderliche Stelle anweisen; darum ist das Causalgesetz die nothwendige Form, in der wir unsern Wahrnehmungen objective Gültigkeit zuschreiben *). Aber diese Herleitung verwechselt die bestimmte Succession der Erscheinungen, die allerdings durch den Zwang, den sie gegen unsere Wahrnehmung ausübt, auf eine objective Gültigkeit hinweist, mit der causalen Verknüpfung. In der letzteren nehmen die Erscheinungen keineswegs durchweg die nämliche Stelle ein, die ihnen in ihrer zeitlichen Aufeinanderfolge zukommt. So fällt Kant in den Fehler Hume's zurück, indem er an die Stelle des causalen Zusammenhangs die zeitliche Aufeinanderfolge setzt.

Als Leitstern bei dieser Untersuchung mag uns eine Thatsache dienen, auf die wir schon gelegentlich hinwiesen: die fortwährende Vertauschung der Ausdrücke Ursache und Wirkung mit Grund und Folge. Man pflegt zwar die ersteren mehr auf die physikalische Causalität zu beschränken, die letzteren häufiger auf den logischen Zusammenhang anzuwenden; doch diese Grenzlinien werden so wenig eingehalten, dass der Sprachgebrauch die gesonderte Bedeutung der Begriffe fast gänzlich verwischt hat. Namentlich aber haben die Wechselbegriffe Grund und Folge übergegriffen, so dass sie jetzt nicht selten in der philosophischen Kunstsprache als die allgemeineren betrachtet werden, welche die physikalische Causalität, den Erkenntniss-

---

S. 166) und Jeder, der die Geschichte der Wissenschaften kennt, wird in der unzweifelhaften Richtigkeit dieses Satzes eine Widerlegung jener Theorieen erkennen, die das Causalgesetz als solches a priori in uns liegend annehmen. Aber ebenso wenig wird Jemand leugnen, dass die häufige Verknüpfung bestimmter Begebenheiten für sich uns nimmermehr den Begriff der Nothwendigkeit giebt, den wir mit dem Gesetze verbinden. Die „Neigung eine regelmässige Aufeinanderfolge alsbald eine nothwendige zu nennen" beschreibt, aber erklärt nicht; denn es handelt sich eben darum zu wissen, woher jene Neigung kommt.

*) Kritik der reinen Vernunft, Analogieen der Erfahrung.

grund und den Zweck als besondere Formen der Verknüpfung unter sich begreifen.

Die angezeigte Verwechslung der Ausdrücke hat hiernach offenbar die Bedeutung, dass wir den Zusammenhang zwischen Ursache und Wirkung nach demjenigen zwischen Grund und Folge beurtheilen, d. h. dass wir die phänomenologische Verknüpfung der logischen Verknüpfung unterordnen.

Hierin liegt nun anscheinend derselbe Missbrauch der Uebertragung unserer Erkenntnissformen auf die Objecte, den wir bei Gelegenheit der Axiome verurtheilt haben, weil er entweder nur zufällig und in schiefer Auffassung die Wahrheiten begreifen liess oder die Speculation geradezu von dem Weg der richtigen Erkenntniss abführte. Besteht nun etwa im vorliegenden Fall ein grösseres Recht zu solcher Uebertragung?

Suchen wir den Zusammenhang von Grund und Folge auf die einfachste Form zurückzuführen, von der ausgehend er jedenfalls auch erst auf andere Beziehungen angewandt worden ist, so liegt uns diese in dem Syllogismus vor. Die Prämissen sind der Grund, der Schlusssatz ist die Folge. Der Schluss ist offenbar das Urbild des Zusammenhangs von Grund und Folge, und nicht umsonst gebrauchen wir schliessen und folgern als gleichbedeutend. Insofern nun nach der phänomenologischen Auffassung des Causalgesetzes Ursache und Wirkung beide ein Geschehen bezeichnen, liegt in dieser Anwendung der Glieder des Schlusses auf die Causalverknüpfung auch nichts anderes als eine jener Begriffsverkörperungen, mit denen wir es früher zu thun hatten.

Ist nun aber der Zusammenhang im Schlusse das Urbild der causalen Verknüpfung, so muss mindestens irgend ein Vergleichungspunkt existiren, der uns überhaupt auf den Gedanken jener Uebertragung bringen kann. Um diesen Vergleichungspunkt aufzufinden, wollen wir solche Fälle causaler Verknüpfung in's Auge fassen, in welchen die Evidenz des Hervorgehens der Wirkung aus der Ursache und der zwingende Zusammenhang des Schlusssatzes mit den Prämissen im Syllogismus am meisten Aehnlichkeit haben. Dies trifft gerade bei den Bewegungsursachen, mit denen wir es in dieser Abhandlung allein zu thun haben, am ehesten zu, vorausgesetzt, dass man den Begriff der Ursache etwas schärfer fasst, als es gewöhnlich geschieht; hierzu haben wir aber in der phänomenologischen Formulirung des Causalgesetzes bereits die Vorbereitungen getroffen.

Wir haben die Ursache und die Wirkung beide ein Geschehen genannt. Als die volle Ursache werden wir nun jenes Geschehen zu bezeichnen haben, welches ohne Voraussetzung weiterer Bedingungen genügt, um die volle Wirkung hervorzubringen. Dabei mag immerhin in der Ursache selbst schon eine Menge weiterer Bedingungen eingeschlossen sein, ohne die sich das Entstehen der Ursache gar nicht denken liesse: wo es sich um einen bestimmten Causalzusammenhang handelt, haben wir hierauf keine Rücksicht zu nehmen. Wollten wir, um dem Causalbegriff hinreichende Schärfe zu geben, mit Mill als Ursache eines Phänomens „die ganze Summe positiver und negativer Bedingungen, denen die Wirkung unveränderlich folgt" bezeichnen, so würde damit der Causalbegriff völlig unbrauchbar für die Anwendung gemacht; denn man würde schliesslich bei der vagen Regel stehen bleiben: „ein Ereigniss ist desshalb eingetreten, weil der Naturlauf bis zu diesem Zeitpunkt so gewesen ist, wie er war"; und diese Regel drückt nicht mehr als die Thatsache aus, dass die Ereignisse in der Natur mit einer gewissen Gesetzmässigkeit auf einander folgen.

Um das Causalgesetz für die Anwendung fruchtbar zu machen, haben wir den Umfang des Causalbegriffs vielmehr auf diejenigen Ereignisse zu beschränken, die — ganz davon abgesehen wie sie selber entstanden sind — zur Hervorbringung der Wirkung genügen, statt ihn auch auf die entfernteren Ursachen auszudehnen, wo dann der Gedankenlauf gar kein Ende mehr finden kann. Wenn wir nun in diesem Sinne dasjenige Geschehen die volle Ursache nennen was die volle Wirkung hervorbringt, so liegt hierin ein Maassprincip eingeschlossen. In der That führt, in diesem präcisen Sinne genommen, die Rückbeziehung der Wirkung auf ihre Ursache stets auf eine Messung hinaus. Beobachte ich, um uns an ein früheres Beispiel anzulehnen, dass eine Masse M, durch die Wirkung einer auf eine gewisse Weglänge hin wirkenden Kraft, eine Geschwindigkeit v empfangen hat, so findet sich, dass, wenn die Kraft K gegeben ist, die Wegstrecke s, auf welcher dieselbe einwirkt, eine genau bestimmte sein muss, dergestalt dass die drei Grössen K, s, M und v in der Beziehung stehen

$$K.\ s = {}^1\!/_2\ M\ v^2.$$

Hier ist nun die Beziehung zwischen Ursache und Wirkung in der Form einer Gleichung ausgedrückt. Das Product K. s ist die Ursache, und $^1/_2\ M\ v^2$ ist die Wirkung. Die Zeit, in der die Wirkung der Ursache nachfolgt, kann in diesem Fall eine

sehr verschiedene sein. Bewege ich z. B. eine Masse M mit einer Kraft K auf einer Ebene ohne Reibung, so hat die Masse M nach Zurücklegung des Weges s die Geschwindigkeit v erlangt: hier folgt die Wirkung $^1/_2$ M v ^{2} der Ursache K. s in verschwindend kurzer Zeit nach. Wenn ich dagegen ein Gewicht K auf die Höhe s emporhebe und es dann wieder niederfallen lasse, so hat es auf dem Boden angelangt die lebendige Kraft $^1/_2$ M v ^{2}: hier kann zwischen Ursache und Wirkung eine beliebig grosse Zeit liegen.

Ueberall nun, wo wir in der Mechanik für eine Wirkung ihre volle Ursache gefunden haben, können wir beide in die Form einer Gleichung bringen. Damit ist ausgesprochen, dass wir stets in diesen Fällen Ursache und Wirkung mit einander vertauscht denken können, d. h. dass auch die umgekehrte Reihenfolge des Geschehens möglich wäre. In der That kann im obigen Beispiel die zuerst in die Höhe gehobene und dann herabgefallene Masse vermöge der erhaltenen lebendigen Kraft wieder bis zu einer Höhe s emporsteigen: hier ist also zuerst $^1/_2$ M v ^{2} die Wirkung einer Ursache K. s, und dann ist sie die Ursache einer Wirkung K. s. So geht beim Pendel fortwährend die Wirkung in Ursache und die Ursache in Wirkung über.

Dass einer Ursache K. s eine Wirkung $^1/_2$ M v ^{2} oder umgekehrt einer Ursache $^1/_2$ M v ^{2} eine Wirkung K. s folge, können wir durch Beobachtung erfahren haben. Es giebt aber noch einen andern Weg, auf dem wir denselben Zusammenhang finden können, den Weg der Schlussfolgerung. Die Gleichung $^1/_2$ M v ^{2} = K. s ergiebt sich ohne jede Zuhülfenahme der Erfahrung aus den zwei andern Gleichungen $v = \frac{K}{M} t$ und $s = {}^1/_2 \frac{K}{M} . t^2$. Diese beiden Gleichungen lassen sich aber ebenfalls als Ausdrücke für Causalverknüpfungen ansehen. Die erste stellt eine gewisse Geschwindigkeit v, die zweite die Zurücklegung einer gewissen Wegstrecke s als die Wirkung einer Kraft K dar, die auf die Masse M während der Zeit t einwirkte. Die volle Ursache der Wirkung ist aber keineswegs die Kraft K, sondern im einen Fall der durch $\frac{K}{M} t$, im andern Fall der durch $^1/_2 \frac{K}{M} . t^2$ ausgedrückte Zusammenhang. Beide Formeln enthalten 1) das Ereigniss, dass eine Kraft K auf eine Masse M

während der Zeit t einwirkte. Sie deuten aber ausserdem 2) an, dass die blosse Kenntniss dieses Ereignisses nicht hinreicht, um die Wirkung zu bestimmen, sondern dass die letztere eine bestimmte Function der einzelnen Factoren ist, welche das Ereigniss zusammensetzen.

Die Thatsache, dass eine Kraft auf eine Masse während einer gewissen Zeit einwirkt, giebt uns nur qualitativ darüber Rechenschaft, dass als Wirkung Geschwindigkeit oder Zurücklegung einer Wegstrecke auftritt. Sobald wir die Grösse der Wirkung ermitteln wollen, müssen wir auf die besondere Beziehung der Wirkung zu den einzelnen Factoren der Ursache Rücksicht nehmen. Hier erfahren wir, um bei der ersten Formel stehen zu bleiben, dass die Geschwindigkeit wächst mit der Grösse der Kraft und der Dauer ihrer Einwirkung, aber abnimmt mit der Grösse der zu bewegenden Masse. Worauf stützt sich diese Behauptung? Sie kann durch die Beobachtung gegeben sein. Wenn ich die Geschwindigkeit v in verschiedenen Fällen gemessen habe, wo bald K, bald M und bald t wechselten, wird die Beziehung $v = \frac{K}{M} \cdot t$ leicht als empirisches Gesetz sich festgestellt haben. Aber die nämliche Beziehung kann auch wieder auf dem Weg der Schlussfolgerung gefunden worden sein. Wenn eine Kraft K auf eine Masse M während der Zeit t einwirkte, so kann ich a priori sagen, dass die erzeugte Geschwindigkeit $= \frac{K}{M} \cdot t$ ist, weil nämlich 1) die Kraft ebensowohl wie die Masse überhaupt nur an der Geschwindigkeit gemessen werden kann, indem ich diejenige Kraft die grössere nenne, welche die grössere Geschwindigkeit erzeugt, und indem ich diejenige Masse die grössere nenne, welche einer bestimmten bewegenden Kraft den grösseren Widerstand entgegensetzt, und weil 2) nach dem Princip des Verharrens der Wirkung eine Kraft in der doppelten Zeit auch die doppelte Geschwindigkeit erzeugen muss als in der einfachen. Unsere Gleichung ergiebt sich demnach als Folgerung aus dem Axiom der Aequivalenz der Ursache und Wirkung und aus dem Axiom des Verharrens der Wirkung.

Wir können in ähnlicher Weise auf dem Weg einer mehr oder minder verwickelten Kette von Schlussfolgerungen jedes Gesetz der Mechanik, welches eine causale Beziehung enthält, zurückführen auf die Axiome. Die Axiome sind die Prämissen, aus welchen jeder besondere Fall des Causalge-

setzes direct oder indirect gefolgert werden kann. Mit Hülfe der Axiome lassen sich daher bestimmte Causalbeziehungen voraussagen, bevor uns die Erfahrung dieselben bestätigt. Jedem auf diese Weise gewonnenen besondern Causalgesetz geben wir sonach mit Recht eine logische Evidenz. Denn die Beziehung zwischen Ursache und Wirkung ist nicht bloss nach Analogie des Syllogismus sondern mit Hülfe des Syllogismus festgestellt. Dies schliesst nicht aus, dass die meisten Causalbeziehungen ursprünglich rein empirisch gefunden seien, ja dass für die Mehrzahl derselben die syllogistische Herleitung bis jetzt eine blosse Forderung geblieben ist und vielleicht immer bleiben wird.

Forderung wird namentlich immer das allgemeine Causalgesetz sein, d. h. das Gesetz, dass jedes einzelne Geschehen in der Natur in eine nothwendige Beziehung zu einem andern ihm vorausgegangenen Geschehen gebracht werden muss. Nun liegt aber gerade in dieser Thatsache noch ein wichtiges Problem. Unsere bisherigen Erörterungen beweisen uns, dass wir sehr vielen einzelnen Causalbeziehungen mit Recht die zwingende Kraft des Syllogismus zuschreiben, sie zeigen aber weder, wie wir dazu kommen dieses Zwingende des Zusammenhangs auf jede Causalbeziehung zu übertragen, noch warum wir uns gedrungen fühlen alles Geschehen als in einem Causalzusammenhang stehend vorauszusetzen.

Für die Beantwortung dieser Frage ist aber durch unsere früheren Erörterungen bereits der Boden gewonnen. Offenbar haben wir es hier nur mit einem neuen Fall jenes fundamentalen psychologischen Phänomens zu thun, der Uebertragung unserer Denkformen auf das äussere Geschehen, das uns schon so vielfach begegnet ist. Wie wir zu einer Wahrheit die Prämissen aufsuchen, aus denen sie abgeleitet ist, so suchen wir zu jedem Geschehen ein anderes Geschehen auf, aus welchem es folgt. Dies geschieht wahrscheinlich, bevor uns noch in irgend einem Fall eine solche Ableitung geglückt ist. Die Thatsache, dass die Ableitung glückt, spricht aber nachträglich für die Berechtigung der a priori ausgeführten Uebertragung. Das nämliche Princip, das durch jene die Erfahrung durchkreuzenden und fälschenden Trugschlüsse die Quelle so vieler für die Wissenschaft verhängnissvoller Irrthümer wurde, ist zugleich als der Stammvater des Causalprincips der Ursprung aller unserer Erkenntnisse. Denn dieses Princip, alle unsere Wahrnehmungen den a priori

in uns liegenden Denkformen zu subsumiren, ist es, das eine Erkenntniss überhaupt erst möglich macht. Erkenntniss heisst Zusammenhang der Erfahrungen. Wie sollte aber ein solcher Zusammenhang möglich sein ohne ein formales Princip, das ihn voraussetzt? Die Denkformen liegen a priori in uns. Alle Erfahrungen werden durch diese Formen verarbeitet. Wir übertragen daher nicht eigentlich den formalen Zusammenhang unseres Denkens auf die äusseren Erfahrungen, sondern die letzteren treten an und für sich in diesem Zusammenhang vor unser Bewusstsein.

V. Der Satz vom zureichenden Grunde.

Das Causalprincip in seiner Anwendung als Regulativ der Forschung empfängt durch das Wort „zureichend“ eine Unbestimmtheit, die dem Gutdünken des Untersuchers einen weiten Spielraum zu lassen scheint. Für jede Erscheinung soll man einen zureichenden Grund finden, aber frägt man, was denn ein zureichender Grund sei, so hat das Princip keine Antwort, und vielleicht mag Jeder was ihm beliebt für einen zureichenden Grund nehmen. Worauf beruht es nun, dass trotzdem überall wo es sich um die Zurückführung neu beobachteter Thatsachen auf ihre Ursachen handelt, gerade der Satz vom zureichenden Grunde dem Physiker eine sehr wichtige Hülfe gewährt?

Um zu begreifen, dass das Wort „zureichend“ bei allen Anwendungen des Causalprincips nicht ohne Bedeutung ist, müssen wir uns erinnern, wie für den wissenschaftlichen Gebrauch der im gemeinen Bewusstsein gebildete Causalbegriff verbessert werden muss. In der Wissenschaft gilt es als Regel, jede zusammengesetzte Wirkung in die einfachsten Einzelwirkungen zu zerlegen, aus denen sie gebildet wird, und demgemäss ebenso das zusammengesetzte Phänomen, welches der gemeine Verstand Ursache zu nennen pflegt, in eine Reihe einfacher Ursachen zu sondern. Der Physiker nennt dann denjenigen Theil eines zusammengesetzten Phänomens die Ursache für einen bestimmten Theil eines andern zusammengesetzten Phänomens, sobald jener erste diesen zweiten unverändert hervorbringt, auch wenn man alle übrigen Theile der beiden Phänomene entfernt oder verändert. So sind bei der Bewegung eines Himmelskörpers um einen andern die Ursache und die Wirkung zusammengesetzt. Die Wirkung ergiebt sich sogleich als eine zusammengesetzte, weil die Bewegung in einer elliptischen Bahn erfolgt. Es müssen also Ursache und Wirkung zerlegt werden. Die Ursache wurde in die-

sem Fall zerlegt durch Zusammenstellung aller Fälle ähnlicher Art, wobei sich ergab, dass alle Himmelskörper bewegend auf andere Körper wirken; man beobachtete aber, dass diese Bewegung, wo keine sonstige Ursache einwirkte, wie z. B. bei der Fallbewegung der irdischen Körper, in gerader Linie gegen den Schwerpunkt des die Bewegung verursachenden Himmelskörpers gerichtet war. Hierdurch wurde man zuerst darauf geführt, die Planetenbewegung überhaupt als eine zusammengesetzte Wirkung aufzufassen, indem man schloss, dass der Himmelskörper, um den die Bewegung geschieht, nur für die gegen ihn gerichtete Componente der Bewegung Ursache sein könne, während für die in der Richtung der Tangente der Bahn gehende Componente der Bewegung eine andere Ursache gesucht werden musste. Hier liess sich nun in den gegenwärtigen Bedingungen des Planetensystems keine Ursache auffinden; man gieng daher zu einem früheren Zustand zurück und nahm zuerst einen Anfangsstoss von gänzlich unbekanntem Ursprung und dann, nach der Kant-Laplace'schen Hypothese, die bei der Lostrennung des Planeten vom Centralkörper ihm ertheilte Tangentialgeschwindigkeit als Ursache an. Dieses Beispiel bietet bei jedem Schritt der Entwicklung Anwendungen des Satzes vom zureichenden Grunde dar. Wir haben zwei Ursachen und zwei Wirkungen. Die erste Ursache wird gefunden durch Zusammenstellung aller bekannten Fälle, in denen Himmelskörper Bewegungen erzeugen; es zeigt sich bei dieser Zusammenstellung, dass jeder Himmelskörper auf kleinere Massen in seiner Nähe Wirkungen äussert, die bloss von der Grösse seiner eigenen Masse abhängig sind, die Masse als solche ist also der zureichende Grund für die Bewegung einer andern Masse. Die nähere Beschaffenheit dieser Bewegung wird dann durch Zusammenstellung mit andern Fällen, wo es sich ebenfalls um die Wirkung einer Masse auf eine andere handelt, mit der irdischen Schwere, als eine in gerader Richtung gegen den Schwerpunkt des bewegenden Körpers gehende bestimmt. So ist die allgemeine Gravitation als eine einfache Ursache aufgefunden. Für die Tangentialcomponente der Planetenbewegung setzte man zunächst einen Stoss in der Richtung der Tangente voraus. Ein solcher Stoss ist in der That ein vollkommen zureichender Grund, um das Phämonen zu erklären. Nun tritt uns aber eine merkwürdige Erscheinung entgegen. Trotzdem die allgemeine Gravitation und der Anfangsstoss als zureichende Gründe betrachtet scheinbar von gleichem Werth sind, beruhigt sich der Forschungs-

geist bei dem ersten und nicht bei dem zweiten, er sucht hier fortwährend nach einem andern zureichenden Grund und hofft diesen endlich in der Losreissung der Planeten von dem Centralkörper, als unser Sonnensystem noch eine zusammenhängende flüssige Masse war, gefunden zu haben. Die nun aufgestellte Ursache ist ebensogut Hypothese wie jener Anfangsstoss, dennoch befriedigt erst sie in zureichendem Maasse, so dass wir nicht weiter nach einem zureichenden Grunde suchen.

Es ist sonach Thatsache, dass die Anwendung der Regel, für jede Erscheinung eine zureichende Ursache zu finden, uns nicht jedes Mal stille halten lässt, sobald wir uns eine für den besonderen Fall zureichende Ursache erdacht haben, sondern dass wir so lange nach einer besseren Ursache suchen, bis eine solche gefunden ist, die auch noch eine Reihe anderer Erscheinungen zu erklären vermag, die mit einem Wort innerhalb des gesammten Causalzusammenhangs der Natur steht. Damit ist uns aber angezeigt, dass das Wort zureichend in dem Satz vom zureichenden Grunde nicht bloss aussagt, dass der Grund selbst zur Hervorbringung der bestimmten Wirkung nicht unzureichend sein dürfe, sondern dass wir auch zureichenden Grund haben müssen, diesen bestimmten Grund gerade vorauszusetzen. Hierin ist nur ausgedrückt, dass jeder einzelne Fall des Causalgesetzes eben nicht isolirt genommen werden darf, sondern dass wir dabei immer zurückgehen müssen auf alle andern Fälle, die uns der Causalzusammenhang der Natur bietet. Insbesondere kann uns daher ein solcher Grund niemals als zureichend erscheinen, der, wie jener Anfangsstoss, selber gar nicht als Wirkung gedacht werden kann, sondern eine absolute Ursache bilden würde. Der regressus in infinitum muss uns stets offen bleiben, ein erster Anfang steht ausserhalb der Natur, denn er widerspricht dem Zusammenhang, der die Möglichkeit haben muss nach zwei Richtungen fortzuschreiten. Dieser regressus in infinitum ist eine selbstverständliche Forderung des phänomenologischen Causalgesetzes. Da jeder Erscheinung eine andere als ihre Ursache vorausgehen muss, so können wir uns nie eine Ursache denken, die nicht selber schon Wirkung wäre. Anders verhält es sich aber, wenn wir die ontologisch gefälschten Causalbegriffe der These oder Antithese festhalten. Da nach dem ersten die Ursache als absolut verschieden von ihrer Wirkung, nach dem zweiten als untrennbar von derselben gedacht wird, so muss man dort eine erste Ursache als eine solche definiren, die ausserhalb des

Causalzusammenhangs der Natur (d. h. ausserhalb aller Wirkungen) steht, während man hier diejenige die erste Ursache nennt, die zugleich ihre eigene Wirkung ist. In der That sind dies die zwei Richtungen gewesen, nach denen sich der ontologische Begriff der ersten Ursachen von jeher geschieden hat. Es versteht sich aber von selbst, dass dann das Causalprincip aufhört ein Regulativ der Forschung zu sein.

Auch für jene Fälle, in welchen, wie in dem früher gebrauchten Beispiel $^1/_2$ Mv ^{2} = K. s, Wirkung und Ursache in einer a priori bestimmten Beziehung stehen, hat der Satz vom zureichenden Grunde noch seine Bedeutung. Dies geht schon daraus hervor, dass im Allgemeinen jede Seite einer Gleichung zwischen Ursache und Wirkung mehrere Factoren enthält. So kann z. B. die Wirkung $^1/_2$ Mv ^{2} für sehr verschiedene Grössen von K und s constant bleiben, wenn nur im selben Maasse als K grösser wird s abnimmt oder umgekehrt. Wenn K etwa die Schwerkraft bedeutet und s die Höhe, von der ein Körper herabfällt, so kann der Weg, auf welchem sich der Körper bewegt, eine schiefe Ebene, ein Stück eines Kreisbogens sein u. s. w. Durch Alles dies wird die Gleichung zwischen Ursache und Wirkung nicht verändert. Ist also eine Wirkung $^1/_2$ Mv ^{2} gegeben, so wird, sobald eine mit ihr zusammenhängende Ursache K. s aufgefunden ist, diese der zureichende Grund der gegebenen Wirkung sein, wie auch immer K und s beschaffen sein mögen.

Man wendet nun aber den Satz vom zureichenden Grunde in der Naturlehre nicht bloss an, um in besondern Fällen causaler Verknüpfung über die materielle Gültigkeit der Ursachen zu entscheiden, sondern man hat mehrfach, wie wir dies schon gelegentlich andeuteten, die Axiome, namentlich die Axiome von der geradlinigen Wirkung der Kräfte und von der Gleichheit der Wirkung und Gegenwirkung, unmittelbar aus dem Satz vom zureichenden Grunde abzuleiten gesucht oder wenigstens behauptet, sie seien Folgerungen aus diesem Satze. Wie können wir dazu gelangen, aus einem rein formalen Princip, welches der Satz vom zureichenden Grunde ist, ohne Zuhülfenahme von Erfahrungen thatsächliche Folgerungen zu ziehen?

Hier ist die Bemerkung von Wichtigkeit, dass in dem Worte „zureichend“ schon etwas enthalten ist, was über das bloss Formale hinausgeht. Der Satz „jede Wirkung hat eine Ursache“ lässt Alles noch unbestimmt. Sobald wir aber beifügen: „Diese Ursache muss eine zureichende sein,“ so heisst dies: jedes Fac-

tum muss vorher geprüft werden, ehe es wirklich als eine Ursache gelten darf. Diese Anwendung des Wortes „zureichend" findet schon in allen jenen Fällen statt, wo es sich, wie bei dem Beispiel der Planetenbewegung, darum handelt, zwischen verschiedenen denkbaren Ursachen die wahrscheinlichste zu wählen, und diese Anwendung macht der Physiker streng genommen immer, wenn er über die Zulässigkeit eines Factums als Ursache entscheiden will, obgleich ihm allerdings in den einfachsten Fällen, wie z. B. bei der Gleichung zwischen K. s und $^1/_2$ M v ^{2}, kaum eine Wahl zwischen verschiedenen Ursachen bleiben wird. Sobald wir aber sagen: eine Wahrheit fliesse unmittelbar aus dem Satz vom zureichenden Grunde, so heisst dies: für diese Wahrheit ist der Satz vom zureichenden Grunde selbst die Ursache. Sollte es sich also hier um die Prüfung einer angeblichen Ursache handeln, so müsste der Satz vom zureichenden Grund durch sich selber geprüft werden. Obgleich diese Zumuthung paradox klingt, so konnte man ihr dennoch nachkommen, sobald man sich auf die bei der Anwendung des Satzes vom zureichenden Grunde sehr häufig befolgte negative oder ausschliessende Methode beschränkte. Die Probe der Behauptung, dass für eine bestimmte Wahrheit der Satz vom zureichenden Grunde selber der Grund sei, bestand nun darin, dass man nachsah, ob nicht andere Gründe zureichender schienen als der behauptete. Wenn aber gar kein anderer Grund aufgefunden werden konnte, so liess man den Satz vom zureichenden Grunde als Grund gelten, da der einzig vorhandene Grund jedenfalls der zureichendste sei. Das Wort „zureichend" verliert hier aber seine Bedeutung. Man folgert in diesem Fall einfach aus dem „Satz vom Grunde," d. h. aus dem Causalgesetz. Eine derartige Folgerung aus dem Causalgesetz ist nun offenbar gleichbedeutend mit der Behauptung, die Wahrheit des betreffenden Satzes sei an und für sich einleuchtend, und er bedürfe keiner Ableitung aus einem andern Satze. Denn das Causalgesetz ist lediglich ein formales Princip. Man kann also keine Schlüsse aus demselben ziehen, welche auf die Materie der Erfahrungen gehen, und die Thatsache, dass man trotz der Unmöglichkeit die Axiome aus höheren Sätzen abzuleiten dieselben nicht widersprechend dem Causalprincip findet, beweist nur die Evidenz, die man denselben ohne weiteres zuschreibt. Diese Ableitungen aus dem Causalgesetz oder gar aus dem Satz vom zureichenden Grunde sagen also gar nicht mehr als was man zuvor schon in den Begriff der Axiome gelegt hatte.

Wenn man den Schluss vollständig entwickeln wollte, welcher einer Deduction der Axiome zu Grunde liegen kann, so würde in demselben allerdings auch das Causalgesetz vorkommen, da es ja in dem Ausdruck der Axiome enthalten ist. Aber das Causalgesetz würde bloss den gemeinschaftlichen Untersatz der Prämissen bilden, der Obersatz, der für jedes Axiom ein anderer sein müsste, wäre jedenfalls ein besonderer, der zu dem materiellen Inhalt eines jeden Axioms in näherer Beziehung stünde. Wenn wir z. B. aus dem Obersatz erführen, dass zwei Körper, die sich gegen einander bewegen, nothwendig die gerade Verbindungslinie einhalten müssen, so würden wir noch immer nicht das dritte Axiom in der ihm gegebenen Form haben. Wir könnten nämlich auch sagen: wenn zwei Körper ausser einander gegeben sind, und die Körper bewegen sich, so braucht diese Bewegung gar keine Ursache zu haben. Erst nachdem das Causalgesetz als Untersatz hinzugetreten ist, bildet das Axiom selber den Schlusssatz.

Alle andern Gesetze des Geschehens unterscheiden sich nun dadurch wesentlich von den Axiomen, dass in der sie begründenden Schlussfolgerung das Causalgesetz nicht in dieser allgemeinen Form enthalten ist. Wäre es möglich, alle Thatsachen mit derselben Evidenz zu folgern, die den Axiomen zukommt, so würde der Satz vom zureichenden Grunde nicht existiren. Ausser den Axiomen giebt es aber gar kein Gesetz, in dessen Prämissen das Causalgesetz in seiner vollen Allgemeinheit vorkommt, sondern es bedarf dasselbe überall einer limitirenden Bestimmung, durch die es erst für die Anwendung tauglich wird. Es giebt einen noch so feststehenden Satz der Physik, abgesehen von den Axiomen, gegen den sich nicht auf dem Boden des Causalgesetzes Einwände erheben liessen. Dass die bewegenden Wirkungen der Weltkörper auf einander bloss durch ihre Massen bedingt seien, hält jeder Physiker für eine hinreichend erwiesene Thatsache. Immerhin bliebe es noch möglich, dass z. B. der Materie aller Weltkörper in gleichem Maassverhältnisse ein Stoff beigemengt wäre, der ähnlich dem Magneten eine anziehende Wirkung äusserte. Der Physiker kann auf diesen Einwand nur erwidern, dass es, um die Erscheinungen zu erklären, zureicht, den Massen der Weltkörper eine anziehende Kraft zuzuschreiben, und dass für die Annahme eines hypothetischen magnetischen Stoffs kein zureichender Grund vorliegt.

Wenn der Physiker im gewöhnlichen Erfahrungsgebiet dem Satz vom zureichenden Grunde folgt, so hat er es immer mit

einem Obersatz zu thun, der ein disjunctives Urtheil mit einer unbestimmten Anzahl von Gliedern bildet. Wenn eine Wirkung X eintritt, so kann entweder die Thatsache A oder die Thatsache B oder die Thatsache C u. s. w. der Grund sein. Erschöpft ist streng genommen dieser Obersatz nicht, bevor alle mit X wirklich oder möglicher Weise im Zusammenhang stehenden Thatsachen und Complexe von Thatsachen aufgezählt sind. Die Reihe wird jedoch beschränkt durch die Methode der Ausschliessung, und, wenn die Ausschliessung vollständig gelungen ist, so bleibt, wie in unserm Beispiel von der allgemeinen Gravitation, ausser der Thatsache A nur noch eine Reihe hypothetischer Thatsachen B, C, D u. s. w. übrig. Durch Fortsetzung der Untersuchung wird man vielleicht dazu gelangen, einige dieser hypothetischen Thatsachen ebenfalls zu entfernen, indem man zeigt, dass aus ihnen Folgen hervorgehen müssten, die nicht vorhanden sind. Aber alle Hypothesen, die sich als Ursachen setzen liessen, wird man niemals entfernen können. Wenn wir uns bemühen, zwischen Sonne und Erde, beide eingeschlossen, irgend eine Bewegungsursache zu denken, die nach den Gesetzen der Gravitation wirkt, so kann dies auf sehr viele vorstellbare Arten zu Stande kommen, und wir haben gelegentlich sehr verschiedenartige Hypothesen erwähnt, die in der That aufgestellt wurden, um sämmtlich die Gravitation zu erklären. Es geschieht desshalb stets erst nach Erledigung einer grossen Zahl von Zwischenuntersuchungen, bis wir für den Satz „A ist der zureichende Grund von X“ so viel Sicherheit gewinnen, dass wir ihn in die Form fassen: „A ist der wirkliche Grund von X.“ Logisch betrachtet ist dieser Schluss falsch, aber er nähert sich im selben Maasse einem richtigen Schlusse, als das Wort „zureichend“ sich dem Punkte nähert, wo es entbehrlich wird. Erreicht wird dies erst bei den Axiomen, deren Obersatz nicht mehr aus einem disjunctiven, sondern aus einem kategorischen Urtheil besteht.

VI. Deduction der Axiome.

Viele Physiker erklären die Axiome ausdrücklich für grossentheils von einander unabhängige Erfahrungssätze. Sie nennen sie die umfassendsten Verallgemeinerungen aus der Erfahrung, mit denen alle Beobachtungen übereinstimmen, und denen keine widerstreite. Trotzdem giebt sich, wie uns die Geschichte der Auffindung der Axiome gelehrt hat, vielfach die Neigung kund denselben eine Evidenz zuzuschreiben, die höher als die Gewissheit der Erfahrung steht, und meistens haben schon die Entdecker axiomatischer Wahrheiten ausser der Begründung durch die Erfahrung noch eine Begründung a priori zu finden gesucht. An diesen jenseits der Erfahrung stehenden Begründungen werden wir freilich wieder irre, wenn wir sehen, dass nicht nur jedes der physikalischen Axiome sich bis zu seiner Entdeckung zurückverfolgen lässt, sondern dass sogar fast regelmässig in der Wissenschaft vor der Annahme eines Axioms das gerade Gegentheil desselben Geltung gehabt hat. Wenn aber auch jene Begründungen a priori durch die Antinomieen, in die sie gerathen, sich selbst zerstören, so haben sie wenigstens die Bedeutung, dass sie eine unverkennbare Neigung des menschlichen Geistes kundgeben für die axiomatischen Wahrheiten einen Grad von Gewissheit anzunehmen, der höher als die blosse Erfahrung steht. Und wenn auch die Wege, die man eingeschlagen hat, um diese Gewissheit zu finden, Irrwege waren, so ist doch jene Neigung des menschlichen Geistes an sich bedeutsam genug, um eine wiederholte Nachforschung zu veranlassen, ob nicht doch vielleicht auch ein richtiger Weg sich auffinden lasse. —

In jedem der sechs physikalischen Axiome handelt es sich um die Anwendung des Causalgesetzes auf ein Geschehen, das wir im Raume anschauen können. Während das erste Axiom

bloss unsere Vorstellung über die Beschaffenheit der Ursachen in der Natur fixirt, geben die folgenden nähere Bestimmungen, wie wir uns die Wirkungsweise der Ursachen denken sollen. Als allgemeine Bedingung, unter der alle physikalischen Axiome a priori stehen, können wir demnach aussprechen, dass dieselben den Gesetzen unserer räumlichen Anschauung conform sein müssen. Lässt sich zeigen, dass die Axiome dieser Bedingung entsprechen, so ist ihre allgemeine Möglichkeit a priori festgestellt. Lässt sich darthun, dass nur unsere sechs Axiome und keine anderen, die ihnen widerstreiten, jenen Bedingungen nachkommen, so ist ihre Nothwendigkeit a priori bewiesen.

Die Bedingung, dass sie der Anschauung nicht widersprechen dürfen, haben die physikalischen mit den geometrischen Axiomen gemein. Die meisten Mathematiker sind nun geneigt, sowohl die Definitionen als die Axiome der Geometrie für a priori evident zu halten. Man beruft sich darauf, dass die geometrischen Linien und Figuren durch die reine Einbildungskraft hervorgebracht werden können, und man folgert daraus, dass Alles was über diese Linien und Figuren ausgesagt werde, nicht erst auf dem Weg der Erfahrung ermittelt sei, sondern wie die reine Anschauung selber aller Erfahrung vorausgehe. Dagegen haben neuerdings zwei englische Logiker, Dugald Stewart und Stuart Mill, eine sehr entgegengesetzte Theorie ausgebildet. Sie sagen: „die geometrischen Linien und Figuren, die uns die Einbildungskraft liefert, sind bloss Copieen der Linien und Figuren, die wir aus der Erfahrung kennen. Die Axiome der Geometrie sind daher, wie alle Axiome, nur Generalisationen aus der Erfahrung, und weit entfernt richtig zu sein, sind dieselben blosse Hypothesen, denen die wirkliche Erfahrung mehr oder minder sich annähert, denn weder existiren Punkte ohne Ausdehnung, Linien ohne Breite u. dergl. in der Beobachtung, noch können wir solche als Bilder der Einbildungskraft erzeugen“ *). In der That lassen sich jene Schemata, auf welche die Geometrie ihre Definitionen und ihre Axiome bezieht, und welche in der empirischen Anschauung nirgends existiren, etwa den empirischen Begriffen vergleichen, denen ebenfalls stets bestimmte Vorstellungen als Bilder substituirt werden. Auch ein Begriff kann nicht anders als durch ein Bild veranschaulicht werden, und im Sinne jener Logiker würde

*) Mill, System der deductiven und inductiven Logik, Bd. I S. 273 (deutsche Ausgabe).

daher auch jeder Begriff eine Hypothese zu nennen sein. Dass die Begriffe der Geometrie ihren veranschaulichenden Bildern näher stehen als irgend andere Begriffe, die wir kennen, ist unerheblich. Der wesentliche Punkt, in welchem sich die Schemata der Geometrie von gewöhnlichen empirischen Begriffen unterscheiden, ist vielmehr folgender. Die empirischen Begriffe beziehen sich auf besondere Gegenstände der Erfahrung. Die Axiome der Geometrie dagegen beziehen sich allgemein auf Abmessungen der Raumanschauung. Die Raumanschauung führt ihre Abmessungen nothwendig mit sich. Wollten wir diese hinwegdenken, so würden wir die Raumanschauung selber aufheben. Nun setzt aber die Raumanschauung unbedingt eine schöpferische Synthesis a priori voraus. Damit soll nicht etwa gesagt sein, dass die Raumanschauung nicht selbst erst durch die empirischen Data der Empfindungen psychologisch ermöglicht werde, sondern bloss, dass diese empirischen Data nichts weiter als Gelegenheitsursachen, und nicht etwa Erklärungsgründe sind. Wenn wir in der Psychologie darthun, wie die empirischen Data der Empfindung bestimmte räumliche Anschauungen möglich machen, so sind wir weit von der Meinung entfernt, als wenn wir die Raumanschauung aus blossen Empfindungen aufzubauen vermöchten. Die Psychologie selber führt uns vielmehr auf jenen Act der Synthesis hin, der die Empfindungen erst in die räumliche Form bringt, und zu dessen Anwendung die Empfindungen nur die äussern Motive bilden *).

Wenden wir dies auf die Axiome der Geometrie an, so werden auch sie zwar nicht entwickelt werden können, ohne aus der Erfahrung entnommene Bilder, aber auch diese Bilder werden nur die Bedeutung von Gelegenheitsursachen haben, die uns mit den allgemeinsten Gesetzen unserer Raumanschauung bekannt machen, wobei jedoch diese Gesetze selber als in der Raumanschauung nothwendig schon enthalten und demnach als a priori gegeben anzunehmen sind. Hieraus entspringt eine Evidenz der geometrischen Axiome, durch die sie sich wesentlich von jenen Sätzen unterscheiden, die wir gewöhnlich als Generalisationen aus der Erfahrung bezeichnen. Wenn es bei den letzteren die Häufung gleichartiger Beobachtungen mit Ausschliessung jedes widersprechenden Falles ist, die uns die Gewissheit liefert, kann dies

*) S. des Verf. Vorlesungen über die Menschen- und Thierseele. Bd. 1.

von den geometrischen Axiomen nicht in gleicher Weise gesagt werden. Dass zwei gerade Linien keinen Raum einschliessen, oder dass zwei Linien, die beide einer dritten parallel sind, auch einander parallel sind, dies sind Sätze, deren Richtigkeit uns zwar vielleicht die Erfahrung vielfältig bestätigt hat, die wir aber ganz gewiss auch glauben würden, wenn wir uns die Bilder, durch die sie veranschaulicht werden, das allererste Mal in unserer Vorstellung wachrufen würden. Denn das Gegentheil dieser Axiome widerstreitet direct den Gesetzen unserer räumlichen Anschauung; wir können dasselbe ebensowenig wie etwa einen Raum mit vier Dimensionen uns vorstellen, während wir uns sehr wohl schwarze Schwanen oder selbst Menschen, die ihre Köpfe unter den Armen haben, vorstellen können, obgleich diese Vorstellungen mit den empirischen Begriffen, die wir bis jetzt von jenen Naturgegenständen mit uns herumtragen, nicht übereinstimmen. Selbst von Seiten Derjenigen, die einer empiristischen Begründung geneigt sein sollten, werden wir daher kaum einen Widerspruch erwarten dürfen, wenn wir die Axiome der Geometrie als solche Sätze bezeichnen, die auf einer unmittelbaren anschaulichen Gewissheit beruhen.

Fragen wir uns nun, ob es eine ähnliche anschauliche Gewissheit ist, welche die Evidenz der physikalischen Axiome begründet, so wird die Antwort entschieden verneinend ausfallen. Dass ein Körper seinen Zustand ohne äussere Ursache ändere, dass eine Wirkung gar keine oder eine von ihr verschiedene Gegenwirkung habe, dass eine Kraft in einer beliebigen andern als der geraden Richtung wirke, kann sich Jedermann vorstellen. Ja weit entfernt, dass die Vorstellung des Gegentheils der Axiome eine Schwierigkeit böte, scheint sie sogar allgemein die leichtere und die näher liegende zu sein, denn die axiomatischen Sätze der Physik werden nicht nur jetzt noch von der gemeinen Erfahrung sehr oft bei Seite gesetzt, sondern viele sind auch innerhalb der Wissenschaft erst in einer verhältnissmässig späten Zeit zur Anerkennung gekommen, nachdem zuvor das Gegentheil derselben allgemein war angenommen worden. Dieser Wechsel der Meinungen beweist mindestens, dass die Axiome nicht aus der reinen Anschauung, sondern aus der Erfahrung entwickelt sind, und dass die Erfahrungen der ausgebildeten und der beginnenden Wissenschaft nicht immer mit einander im Einklang stehen.

Aber die unumstössliche Thatsache, dass die Axiome der Physik erst durch die Erfahrung ihre feste Begründung erhalten

haben, begründet immerhin noch nicht die Unmöglichkeit ihrer Deduction a priori. Ja wir haben sogar durch die bisherigen Betrachtungen den unzweifelhaft richtigen Weg für diese Deduction gefunden.

Im vorigen Abschnitt sind wir zu dem Ergebnisse gelangt, dass, wenn es einen Schluss giebt, welcher der Auffindung der axiomatischen Wahrheiten a priori zu Grunde liegt, dieser im Untersatz das Causalgesetz enthält, während der Obersatz einen besonderen, zu jedem einzelnen Axiom in directer Beziehung stehenden Inhalt haben muss. Da nun jedes Axiom ausser dem Causalgesetz keine andere Bedingung a priori voraussetzt, als dass es conform unserer Anschauung sei, so ist klar, dass der Obersatz des axiomatischen Schlusses gerade diese Conformität zu der Anschauung enthalten muss.

Haben die physikalischen Axiome auch nicht, wie die geometrischen, eine unmittelbare anschauliche Gewissheit, so müssen sie doch anschaulich sein. Die Vorstellbarkeit bildet ihre allgemeine Bedingung. Wollen wir aber die besondere Form finden, welche die Vorstellbarkeit dem Axiom anweist, so bleibt dies freilich anscheinend vollkommen der Willkür anheimgestellt. Warum sollte uns nicht jede beliebige vorstellbare Thatsache als ein Axiom gelten?

Die Untersuchungen über das Causalgesetz haben aber dargethan, dass zur Feststellung einer Ursache im phänomenologischen Sinne stets die Loslösung sowohl der Ursache als der zu ihr gehörigen Wirkung von allen andern Ursachen und Wirkungen erforderlich ist. Daraus ergiebt sich für die Deduction eines jeden Axioms die Regel: wir müssen unsere Anschauung von allen Vorstellungen mit Ausnahme derjenigen, auf welche sich das Axiom bezieht, frei machen. Wenn wir uns also die sämmtlichen Nebenumstände aus der Anschauung hinwegdenken, die zur Darstellung der Thatsache, auf welche sich das Axiom bezieht, nicht wesentlich sind, so muss die Wahrheit des Axioms unmittelbar einleuchten, falls dasselbe überhaupt einen Grund a priori hat.

Kein physikalisches Axiom ist ohne den wiederholten Zwang vielfältiger Erfahrungen festgestellt worden. Immerhin ist es möglich, dass ausser den ontologischen Trugschlüssen auch solche Erwägungen a priori, die den hier angestellten verwandt sind, wenn sie gleich nicht zu klarem Bewusstsein entwickelt wurden, bei der Auffindung der Axiome betheiligt waren. Dächten wir

uns aber, ein Physiker hätte ein Axiom rein auf dem Weg a priori, den wir hier vorzeichnen, gefunden, so würde er sich hierzu derselben Methode der Experimentalforschung bedient haben, die er anwendet, um überhaupt die Ursachen der Erscheinungen zu entdecken. Die einfachsten Bedingungen herzustellen, unter denen eine Erscheinung eintreten kann, ist ja die Grundregel der experimentellen Methode. Axiome a priori zu finden ist also nur ein Experimentiren mit den eigenen Vorstellungen.

Deduction der vier mittleren Axiome.

Ausgerüstet mit der zuletzt aufgestellten experimentellen Regel wollen wir zunächst die vier mittleren Axiome prüfen.

Wenn das zweite Axiom behauptet: jede Bewegungsursache liegt ausserhalb des Bewegten, so scheint es zwar leicht das Gegentheil dieses Axioms in der Anschauung zu erzeugen. Wir können uns einen Körper sich beliebig im Raume bewegend vorstellen und alle anderen Körper aus unserer Vorstellung weglassen: dann ist gar keine äussere Ursache möglich, und unter Hinzunahme des Causalgesetzes bleibt nur der Schluss übrig, dass sich der Körper aus einer in ihm selbst gelegenen Ursache bewege. In der That aber haben wir hierbei eine für den vorgestellten Gegenstand äussere Ursache nicht aus der Vorstellung weggelassen, nämlich den Vorstellenden. Dieser bewegt den Körper in seinem Anschauungsraum, er ist also die eigentliche Ursache der Bewegung, d. h. die Bewegung ist eine von ihm vorgestellte, in der eben desshalb nicht der Beweis liegt, dass sie auch unabhängig von dem Vorstellenden stattfinde. Suchen wir daher die Bedingungen dadurch noch weiter zu vereinfachen, dass wir den Vorstellenden aus der Anschauung weglassen, stellen wir uns also bloss einen Punkt vor und entfernen wir sonst Alles, den Zuschauer mit eingeschlossen, aus der Vorstellung, so bleibt der Punkt in unabänderlicher Ruhe. Wollten wir uns ihn bewegt vorstellen, so müssten wir uns mindestens einen zweiten Punkt hinzudenken, gegen den er sich hinbewegt. Einen in der Vorstellung völlig isolirten Punkt kann ich mir nie in Bewegung vorstellen. Dasselbe gilt für ein System von Punkten, für einen Körper. Das System als Ganzes kann ich mir nicht bewegt vorstellen, sobald ich alles Andere aus der Vorstellung entferne. Wenn hiermit bewiesen ist, dass jeder Punkt nur bewegt gedacht werden kann in Bezug auf einen andern Punkt, so

liesse sich jedoch immerhin sagen: die eigentliche Ursache der Bewegung liegt doch im Bewegten selber, und der äussere Punkt ist nur eine Bedingung, unter der die Ursache zur Aeusserung gelangt. Hier giebt nun das Causalgesetz die Entscheidung. Dieses sagt uns: die Ursache ist dasjenige Phänomen, das zur Hervorbringung der Wirkung unerlässlich ist. Wirkung ist in diesem Fall die Bewegung. Denkbare Ursachen sind zwei vorhanden: der bewegte Punkt selbst und der andere, in Bezug auf welchen er sich bewegt. Denke ich mir nun den zweiten Punkt weg, so hört die Bewegung auf: das Experiment lehrt also, dass dieser letztere die Ursache sein muss. Wir können den hieraus sich ergebenden Schluss allgemein aussprechen: Bewegungen sind nur denkbar durch das Zusammensein der Dinge, die Ursache jeder einzelnen Bewegung muss also ausserhalb des Bewegten liegen.

Das Axiom, dass jede Bewegungsursache in der Richtung der geraden Verbindungslinie ihres Ausgangs- und Angriffspunktes wirkt, setzt als Bedingung seiner Vorstellbarkeit schlechterdings nur zwei Punkte im Raum voraus, von denen der eine auf den andern eine Kraft ausübt. Nun müssen wir, der experimentellen Regel folgend, alle andern Vorstellungen aus unserm Bewusstsein entfernen. Wir dürfen uns also weder andere Punkte im Raum noch einen Zuschauer vorstellen, der die zwei Punkte beobachtet, d. h. es existirt für uns überhaupt kein räumliches Verhältniss mehr als das Lageverhältniss der zwei Punkte zu einander. Dieses Lageverhältniss ist aber ausschliesslich bestimmt durch die Gerade, welche die beiden Punkte verbindet. Wenn also der eine Punkt bewegend auf den andern einwirkt, d. h. die Lage desselben verändert, so kann er nur die Länge jener verbindenden Geraden verändern, die Wirkung der Bewegungsursache ist also nothwendig eine geradlinige. Dächten wir uns z. B., die Kraft solle nach einer gezackten Linie wirken, so dass der bewegte Punkt die zwei Seiten eines Dreiecks beschriebe, zu welchem die verbindende Gerade die Basis ist, so hätten wir uns dazu einen dritten Punkt gedacht, der seitlich von den zweien liegt, und dächten wir uns, die Kraft solle in irgend einer Curve wirken, so müssten wir uns gar unendlich viele Punkte im Raum denken, weil eine Curve zwischen je zwei unendlich nah gelegenen Punkten ihre Richtung ändert. Wollten wir ferner gegen das Axiom annehmen, es gebe rotirende Kräfte, solche, die bewirken, dass ein Körper sich um seinen eigenen Mittelpunkt dreht, so müssten wir uns mindestens einen

Punkt, von dem die Kraft ausgeht, und einen Körper, also einen Inbegriff vieler Punkte, denken, auf welchen sie einwirkt, da sich ein einziger Punkt nicht um sich selbst drehen kann. Dies ist aber wieder gegen die Forderung, Alles aus der Vorstellung zu entfernen was nicht unerlässlich ist, um überhaupt eine Kräftewirkung anschaulich zu machen.

Das Axiom, dass die Wirkung jeder Ursache verharrt, können wir uns in zwei Sätze zerlegt denken: in einen, welcher behauptet, dass die Wirkung unverändert bleibt, so lang keine neue Ursache stattfindet, und in einen zweiten, welcher sagt, dass die Wirkung auch dann noch verharrt, wenn eine neue Ursache hinzutritt. Der erste dieser Sätze ist offenbar nur eine specielle Formulirung des Causalgesetzes, da er auf den speciellen Fall der Aenderung vorhandener Wirkungen anwendet was das Causalgesetz selbst allgemeiner schon ausspricht. Denn da nach dem Causalgesetz jedes Geschehen, d. h. jede Veränderung, eine Ursache haben muss, so müsste auch für den plötzlichen Stillstand einer einmal in Gang gebrachten Bewegung eine Ursache gefunden werden. Den zweiten Satz prüfen wir auf seine Anschaulichkeit, indem wir uns zunächt einen Punkt durch vorausgegangene Ursachen in Bewegung begriffen denken. Um nun die Veränderung zu erfahren, welche eine neu hinzukommende Kraft erzeugt, haben wir uns den bewegten Punkt isolirt vorzustellen und dann das neue Kraftcentrum hinzuzudenken. Ein isolirt vorgestellter Punkt ist aber, wie wir gesehen haben, nothwendig ruhend in unserer Vorstellung. Das hinzugedachte Kraftcentrum für sich, d. h. wenn ich von der schon vorhandenen Bewegung abstrahire, wirkt daher ebenso, als wenn es zu einem vorher in Ruhe befindlichen Punkte hinzukäme, und dies ist es was der Satz vom Beharren der Wirkung verlangt.

Um das Axiom, dass jeder Wirkung eine Gegenwirkung entspreche, zu prüfen, denke ich mir wieder zwei Punkte, die in gegenseitiger Bewegung begriffen sind, und nehme alles Andere, den Vorstellenden mit eingeschlossen, aus der Anschauung hinweg. Wollten wir nun annehmen, bloss der eine Punkt bewege sich gegen den andern, während dieser in Ruhe bleibe, so wäre damit die Forderung gestellt, dass die Punkte nicht bloss eine gegenseitige Lage besitzen, sondern dass ihnen eine absolute Lage in einem Anschauungsraum zukommt, was nur möglich ist, wenn ich mir den Vorstellenden hinzudenke.

Ueber den Grund der Abstraction von dem Zuschauer.

Ich will nicht unterlassen, hier sogleich eines Einwands gegen die obige Ableitung der Axiome zu gedenken. Diese Ableitung beruht immer darauf, dass wir, um die Verwirklichung des in Frage stehenden Gesetzes von jeder störenden Vorstellung zu befreien, namentlich auch den Vorstellenden selber aus der Anschauung hinwegdenken. Hier erhebt sich nun die Frage, ob dies überhaupt möglich sei, ob ich damit nicht meiner Anschauung etwas zumuthe was sie in der That nicht ausführen kann. Alle andern Vorstellungen mag ich mir wegdenken, aber den Vorstellenden kann ich mir nicht wegdenken. Dieser führt seine ganze räumliche Anschauung mit ihrem oben und unten, ihrem rechts und links und ihrer Ausdehnung in die Tiefe mit sich, und jedem vorgestellten Punkt giebt er eine Lage in diesem seinem Anschauungsraum; er kann daher nach Belieben einen isolirten Punkt in Bewegung denken und zwei auseinanderliegenden Punkten jede mögliche Form der Bewegung gegen einander anweisen.

Die Einführung des Zuschauers beruht also angeblich darauf, dass dieser den Dingen erst ihre gegenseitige Lage gebe, und dass daher sobald der Zuschauer wegfällt, auch von einer Lage und von räumlichen Verhältnissen der Dinge gar nicht mehr die Rede sein könne. Somit haben denn die Punkte überhaupt nur im Anschauungsraum des Zuschauers eine Stelle, d. h. sie sind nichts weiter als Vorstellungen und, da sie der ganzen Willkür und Zufälligkeit von Vorstellungen unterworfen sind, so kann ihnen jede beliebige Bewegung in der Anschauung gegeben werden. Nun sind wir aber offenbar nur dadurch in den Stand gesetzt das Geschehen in der Aussenwelt nach dem Causalgesetz auf eine Verkettung von Ursachen und Wirkungen zurückzuführen, dass wir dieses Geschehen als ein von dem Zuschauer unabhängiges auffassen und es so jener Zufälligkeit blosser subjectiver Vorstellungen entrücken. Damit ist durchaus nicht behauptet, dass wir nicht fortan die räumlichen Verhältnisse der Dinge als etwas auffassen, das zunächst in unserer Anschauungsform begründet liegt. Aber gerade weil wir in uns nur die Anschauungsform und nichts weiter besitzen, so muss jede besondere Anschauung auf einen andern als bloss subjectiven Ursprung zurückgeführt werden. Zwei aussereinander gelegene Punkte sind für

uns ein Factum der Erfahrung, das mit der blossen Anschauungsform nicht schon gegeben ist, und das uns daher auf etwas ausserhalb unserer Anschauung hinweist, dessen Unterschied von sonstigen Thatsachen der Erfahrung, wie er an sich sein mag, wir nicht kennen, aber so aufzufassen gezwungen sind, wie er sich uns in der Anschauung darbietet. Der ganze Anschauungsraum ist ein Lageverhältniss unendlich vieler Punkte zu einander und zu dem Zuschauer. Wenn ich aus dieser Summe von Lageverhältnissen ein einziges herausgreife und von allen andern abstrahire, so habe ich nicht das gewählte Lageverhältniss aus der Raumanschauung entfernt, sondern umgekehrt die Raumanschauung auf dieses gewählte Verhältniss beschränkt.

Die Abstraction von dem Zuschauer liegt als Forderung in dem Causalgesetz. Wenn wir einen Gegenstand wahrnehmen, so muss die Wahrnehmung als Wirkung auf ein ihr vorangegangenes Geschehen als Ursache zurückbezogen werden. Nun finden wir aber in unserm Bewusstsein diese Ursache nicht vor. Denn wollten wir auch für eine spätere Vorstellung eine ihre voraufgegangene als Ursache annehmen, so würden wir doch in unserm Denken bei einer ersten Vorstellung stehen bleiben, für die keine andere der Grund sein kann. Wir setzen daher auch für die späteren Vorstellungen zunächst die Möglichkeit der äussern Verursachung und lassen uns dann durch den Zwang der Wahrnehmung bestimmen, dieselbe als wirklich anzunehmen. Der Zwang der Wahrnehmung ist eine Art von unvermeidlichem experimentellem Verfahren, welches die Statthaftigkeit einer innern Verursachung ausschliesst. Uebrigens ist selbstverständlich mit der Verlegung der Ursache ausserhalb des Bewusstseins noch nicht gesagt, dass dieselbe überhaupt ausser uns liege. Die Ursache einer Hallucination z. B. liegt auch ausserhalb unserer Anschauung. Alles was nicht das Bewusstsein selbst gestaltet ist für dasselbe ein Aeusseres, und in diesem Sinne allein müssen wir für das Geschehen in der Natur äussere, d. h. von unserm Bewusstsein unabhängige Ursachen setzen. Dadurch aber ist die Vorstellung von dem Zuschauer befreit. Sobald wir die Vorstellungen auf etwas zurückbeziehen was ausserhalb der Anschauung steht, müssen sie unabhängig von dem Vorstellenden gedacht werden, wenngleich die Voraussetzung einer Abhängigkeit der Form der Vorstellungen von der Natur des Vorstellenden niemals aufgegeben wird.

Diese Schlussfolgerungen sind aber nur triftig, so lange wir

an dem phänomenologischen Causalgesetze festhalten. Im ontologischen Sinne dagegen kann jede Vorstellung, die in unser Bewusstsein eintritt, sich selbst Ursache sein, und es ist nicht erforderlich, Ursachen ausserhalb des Bewusstseins vorauszusetzen; ja man kann sagen, es ist nicht einmal gestattet solche Ursachen vorauszusetzen, da uns ausser den Vorstellungen als Thatsachen des Bewusstseins gar nichts gegeben ist, und wir daher, sobald wir von ihnen aus zurückschliessen auf etwas das ausserhalb des Bewusstseins steht, ohne jeden Grund dem Bekannten ein Unbekanntes substituiren. So führt der ontologische Causalbegriff consequent entwickelt zu einem absoluten Idealismus, der jeder positiven Erkenntniss den Krieg erklärt.

Deduction des ersten Axioms.

Das Gegentheil des Axioms, dass alle Ursachen Bewegungsursachen sind, können wir uns um so leichter vorstellen, als dieses Gegenaxiom für die unmittelbare Anschauung eine unbestrittene Gültigkeit besitzt. Dass die sinnlichen Qualitäten der Dinge sich verändern, beobachten wir sehr häufig, und da wir für jede Veränderung eine Ursache setzen, so sind Ursachen qualitativer Veränderungen noch jetzt ausserhalb der Wissenschaft allgemein angenommen. Wenn wir uns nun die qualitative Veränderung eines Gegenstandes vorstellen, so ist der Vorstellungswechsel genau der nämliche, als wenn wir uns einen ersten Gegenstand mit bestimmten Merkmalen und dann einen zweiten Gegenstand mit andern Merkmalen dächten. Unserer Aussage: der Körper hat sich qualitativ verändert, liegt also das Axiom, dass die Dinge selbst unverändert verharren, schon als stille Voraussetzung zum Grunde. Für unsere Anschauung ist ohne Zweifel der Gegenstand als Complex gewisser sinnlicher Merkmale verschwunden und ein anderer Gegenstand mit theilweise verschiedenen Merkmalen an die Stelle getreten. Dass der erste und der zweite Gegenstand doch eigentlich identisch seien, ist erst Sache der Reflexion über unsere Sinnesanschauungen. Die Behauptung, dass Veränderungen in der sinnlichen Qualität der Dinge möglich sind, verlangt von uns einfach einen Wechsel zweier Vorstellungen, welchen auszuführen wir keine Schwierigkeit finden. Sobald nun aber die Reflexion kommt mit der Behauptung, dass jede dieser Vorstellungen das nämliche Ding bedeute, so liegt hierin ein Widerspruch mit unserer Anschauung, die ihre Vorstellungen niemals in einer einzigen verschmelzen kann. Die Anschauung nöthigt

uns zwei Dinge zu setzen, die Reflexion will dagegen nur ein Ding gelten lassen. In diesem Streit kann anscheinend nur eine der beiden Parteien Siegerin bleiben. Siegt die Anschauung, so muss man mit Heraklit sagen: der Glaube, dass dem Wechsel ein Bleibendes zu Grund liege, ist Täuschung, wirklich ist nur der Wechsel selbst, das ewige Werden. Siegt die Reflexion, so muss man mit Parmenides sagen: aller Wechsel ist sinnlicher Schein, Wahrheit hat nur das Bleibende, das im Denken erfasst wird.

Jedes Ding ist uns überhaupt nur als eine Vorstellung gegeben. Demselben Ding verschiedene Vorstellungen substituiren heisst also für unsere Anschauung: statt desselben Dings verschiedene Dinge setzen. Behauptet daher trotzdem die Reflexion, das Ding sei das nämliche geblieben, so bleibt nichts übrig als unsere Vorstellungen für Schein zu erklären und ein durch die Sinne unerkennbares Etwas an die Stelle der Dinge zu setzen. Aber damit haben wir den Widerspruch nicht beseitigt. Denn dass ein Bleibendes der wechselnden Erscheinung zu Grund liege, haben wir ja doch ursprünglich aus der Erscheinung selber erschlossen. Hätte diese nicht bei ihrer Veränderung gewisse Merkmale beibehalten, und wären es nur die Merkmale ihrer Lage im Raume, so würden wir niemals an ein Bleibendes denken. Man benützte also zuerst die Anschauung, um seine philosophische Abstraction zu gestalten, und nachher erklärte man alle Anschauung für einen trügerischen Schein. Dieser Inconsequenz gegenüber ist der kühne Gedanke, den Fluss der Erscheinungen selber als das Wesentliche zu nehmen, im Vortheil. Aber, trotzdem er scheinbar der Anschauung der Reflexion gegenüber den Sieg giebt, widerstreitet er doch nicht minder der Anschauung. Denn diese nöthigt uns ja ebenso sehr zu dem Schlusse, dass die Dinge beharren, wie sie uns den Wechsel der Dinge lehrt.

Dieser Streit würde kein Ende nehmen, wenn er nicht durch die Anschauung selber geschlichtet würde. Es giebt einen einzigen Fall, wo ein Ding in der Vorstellung wechselt und doch das nämliche bleibt: dieser Fall ist die Bewegung. Die Veränderung bei der Bewegung besteht darin, dass ein Gegenstand bloss sein räumliches Verhältniss zu andern Gegenständen verändert. Die Ortsveränderung ist daher die einzig vorstellbare Veränderung der Dinge, bei welcher diese selber identisch bleiben.

Der Widerspruch, welchen die qualitative Veränderung eines

Gegenstandes für uns herbeiführt, ist ein Widerstreit zwischen den Theilvorstellungen des Gegenstandes. Von diesen wechseln einige, während andere unverändert bleiben. Indem wir nun jede Veränderung einer Vorstellung auf eine objective Ursache zurückführen, so steht uns nur folgende Alternative offen: entweder sind Theile des Gegenstandes vernichtet worden, und sind andere an deren Stelle getreten; oder die Veränderung muss durch das einzig vorstellbare Geschehen, bei welchem die Dinge selber identisch bleiben, durch die Bewegung, erklärt werden. Nun können wir uns aber das Entstehen oder Verschwinden eines Dinges nur so vorstellen, dass wir an die Stelle einer ersten Vorstellung eine zweite setzen. Denn wenn wir behaupten, uns einen leeren Raum vorzustellen, so haben wir uns in der That den Raum mit irgend einem indifferenten Medium erfüllt vorgestellt. Die Behauptung, ein Ding sei entstanden, setzt voraus, dass wir uns an dessen Stelle im Raum zuvor nichts, d. h. jenes indifferente Medium, gedacht haben. Wir können uns also das Entstehen oder Verschwinden immer nur als ein Verdrängen eines Gegenstandes durch einen andern vorstellen. Diese Verdrängung kann wieder auf einer Ortsveränderung oder auf einer qualitativen Veränderung beruhen. Nehmen wir die letztere an, so sehen wir uns der nämlichen Alternative gegenüber wie oben: wir müssen uns einen Gegenstand vorstellen, der verschwunden ist, und einen andern, der entstanden ist. Beides kann durch Ortsveränderung oder durch qualitative Veränderung erklärt werden, und so lange wir bei der qualitativen Veränderung stehen bleiben wiederholt sich dieser Process in's unendliche. Wir finden so die Veränderung schliesslich zurückgeführt auf eine unbegrenzte Succession zufälliger Vorstellungen, was offenbar anzeigt, dass die qualitative Veränderung selbst nur eine Sache unseres Vorstellens ist. Wollen wir uns aus dieser Flucht der Vorstellungen retten, so bleibt uns daher nur der zweite Weg der Alternative übrig: wir müssen jede Veränderung auf die einzig vorstellbare Veränderung zurückführen, bei welcher das Vorgestellte identisch bleibt, auf die Bewegung.

Auch diese Schlussfolgerung hat aber nur so lange bindende Kraft, als wir das phänomenologische Causalgesetz zu Grunde legen. Das letztere nöthigt uns nämlich, wie wir oben gesehen haben, für unsere Vorstellungen allgemein ein ausserhalb des Bewusstseins gelegenes Geschehen als Ursache zu setzen. Eine Succession zufälliger, d. h. nicht in ursächlichem Zusammenhang

mit einem vorausgegangenen Geschehen stehender Vorstellungen widerspricht daher diesem Causalgesetze, und es bleibt die Bewegung als einzig mögliche objective Veränderung übrig. Das ontologische Causalgesetz findet dagegen auch hier wieder gar keine Schwierigkeit jede Vorstellung als ihre eigene Ursache zu setzen, ja es ist für dasselbe dieser Standpunkt des absoluten Idealismus, auf welchem die Trennung von Ursache und Wirkung in physikalischem Sinne als eine leere Tautologie erscheint, der einzig consequente, dem die in unsern Thesen und Antithesen sich spaltenden Begriffsentwicklungen von beiden Seiten als ihrem Vereinigungspunkt zustreben. Man darf, um diese Vereinigung zu erzielen, nur zu der Erkenntniss gelangen, dass die Trennung oder Zusammenfassung von Ursache und Wirkung nach den Anschauungsformen des Raumes und der Zeit etwas den Begriffen fremdartiges ist, dann aber diese Erkenntniss, statt sie zu benützen um überhaupt die Disconvenienz zwischen Begriffen und Erscheinungen zuzugeben, selbst noch einmal in die Erscheinung hinübertragen. Wir stehen hier auf dem Punkt, wo die Ontologie sich selbst überbietet.

Deduction des sechsten Axioms.

Die Ableitung des sechsten Axioms ist etwas verwickelter als die der fünf ersten, weil es das einzige ist, das ausschliesslich eine Maassbeziehung enthält, während die übrigen, in sofern in ihnen nebenbei quantitative Bestimmungen vorkommen (das vierte und fünfte), auf diese Maassbeziehung des sechsten Axioms sich stützen, daher wir deren Deduction in diesem Punkte noch nicht vollenden konnten.

Den Satz von der Aequivalenz der Ursachen und Wirkungen kann man sich in zwei Principien zerlegt denken: 1) in das Princip der Vertauschbarkeit von Ursache und Wirkung und 2) in das Princip der Messbarkeit der Ursache durch ihre Wirkung. Das zweite dieser Principien lässt sich wieder als herstammend aus dem ersteren, unter Zuhülfenahme des Grössenbegriffs, nachweisen. Beide aber stützen sich auf das Anschauungsaxiom, dass keine Bewegungsursache neu entstehen kann. Wir haben daher zuerst dieses Anschauungsaxiom zu beweisen und dann den Zusammenhang der genannten beiden Principien mit demselben aufzuzeigen.

Es scheint, als wenn die Frage, ob das Verschwinden vorhandener oder das Entstehen neuer Bewegungsursachen vorstellbar

sei, bejaht werden müsse. Denn die Ursachen sind uns ja überhaupt nur in ihren Wirkungen erkennbar, und wir können uns eine beliebige Vervielfältigung oder Verminderung der Wirkung vorstellen. Dass sich ein Körper mit der doppelten Beschleunigung gegen einen andern bewege als früher, widerstreitet durchaus nicht meiner Anschauung.

Aber wir müssen die Frage wohl anders stellen. Wenn ich mir eine bestimmte Kraftwirkung zu- oder abnehmend denke, so habe ich mir viele, streng genommen unendlich viele, Bewegungsursachen nach einander gedacht. Im ersten Zeittheilchen war eine gewisse durch die vorhandene Geschwindigkeit messbare Kraft wirksam, im nächsten unendlich wenig verschiedenen Zeittheilchen war eine andere, grössere oder geringere Kraft, in derselben oder entgegengesetzten Richtung wirksam, die sich an der Beschleunigung oder Verlangsamung der Bewegung zu erkennen gab, ebenso im dritten Zeittheilchen, u. s. f. Ich habe mir also in diesem Fall das Entstehen oder Verschwinden von Kraftwirkungen unter sehr verwickelten Bedingungen vorgestellt. Es ist aber leicht ersichtlich, dass über die Vorstellbarkeit oder Nicht-Vorstellbarkeit eines Entstehens oder Verschwindens der Kräfte nur entschieden werden kann, wenn wir uns dieses Entstehen und Verschwinden unter den einfachsten Bedingungen vorstellen, d. h. wenn wir wieder Alles aus der Vorstellung entfernen was für den gegebenen Zweck nicht unerlässlich ist. Wir kommen dieser Vorschrift nach, indem wir uns einen Punkt im Raume denken, von dem wir es unentschieden lassen, ob bereits Bewegungsursachen auf ihn einwirken. Die Anschauung wird gefragt, ob und inwiefern es möglich sei, sich das Hinzutreten neuer Bewegungsursachen vorzustellen. Wenn wir alles, den Zuschauer selbst, aus der Vorstellung wegnehmen, so muss, wie wir schon unter dem dritten Axiom erörtert haben, der vorgestellte Punkt vollkommen unverändert und unbewegt verharren. Wollten wir nun annehmen, es entstünde plötzlich eine Bewegungsursache für den Punkt, so müssten wir ein mindestens punktuelles Kraftcentrum ausserhalb setzen, in Bezug auf welches der Punkt sich bewegte. Dehnen wir diese Anschauung auf ein System von Punkten aus, so bleibt sie ebenso gültig. Dieses System mag nach den drei Dimensionen des Raumes gehen; sobald wir alles übrige, den Zuschauer inbegriffen, aus der Vorstellung entfernen, so können wir uns das System als Ganzes auch nicht mehr bewegt vorstellen, wenn wir nicht eine äussere Kraft hinzunehmen. Jeder Punkt des Systems

ist aber für sich wieder ebenso ein Ganzes, in welchem keine neuen Bewegungskräfte entstehen können, wie das System selbst andern Dingen gegenüber. Innerhalb eines geschlossenen Ganzen ist also allgemein das Entstehen neuer Bewegungsursachen nicht vorstellbar. Dass der umgekehrte Fall, das Verschwinden einer Bewegungsursache, nicht denkbar sei, haben wir schon bei der Deduction des vierten Axioms hervorgehoben, und es wurde dort gezeigt, dass dieser Fall streng genommen auf den vorigen, auf die Vorstellung des Entstehens neuer Bewegungsursachen (die nur in umgekehrter Richtung als die bisherigen wirken) hinausläuft.

Betrachten wir den hier sich geltend machenden Zwang der Vorstellungen näher, so ist nicht zu verkennen, dass derselbe für die vorliegende Frage nur unter Voraussetzung des phänomenologischen Causalgesetzes eine Bedeutung hat. Diesem gilt die Ursache als eine Erscheinung und die Wirkung als eine andere Erscheinung. Sollen wir uns also eine Bewegungsursache hinwegdenken, so müssen wir uns eine Erscheinung hinwegdenken; sollen wir uns umgekehrt eine Bewegungsursache hinzudenken, so müssen wir uns eine Erscheinung hinzudenken. Mit diesem Hinwegdenken und Hinzudenken haben wir aber nicht eine Bewegungsursache erzeugt und vernichtet, sondern wir haben das eine Mal von einer Thatsache abstrahirt und das andere Mal unsere Beobachtung von einer Thatsache auf eine zweite ausgedehnt. Würde nun in der Natur gerade so Gegebenes verschwinden und Anderes entstehen, wie wir von den Dingen abstrahiren und sie wieder hinzudenken können, so würde selbstverständlich auch ein Verschwinden und Entstehen von Bewegungsursachen denkbar sein. Aber wir würden damit eine Voraussetzung hinzugefügt haben, über welche das Princip gar keine Entscheidung geben soll. Ob Gegebenes verschwinden oder entstehen kann, auf diese Frage antwortet das erste Axiom. Hier sind wir nur gefragt, ob innerhalb eines gegebenen Systems Bewegungsursachen verschwinden oder entstehen können. Diese Frage setzt jenes andere Princip schon voraus, denn sie setzt voraus, dass bereits entschieden ist, alle Ursachen in der Natur seien Bewegungsursachen. Und eben unter dieser Voraussetzung finden wir, dass das Entstehen- oder Verschwindenlassen von Bewegungsursachen in der Vorstellung stets nur in Form eines Hinzudenkens oder Abstrahirens von Erscheinungen gelingt, worin sich wieder ein blosser Actus der Vorstellungsthätigkeit kundgibt.

Man wird es nach dieser Herleitung begreiflich finden,

dass die Neigung nahe liegt, das Beharren der Bewegungsursachen mit einem Beharren der Bewegungen zu verwechseln und dadurch das Axiom zu verfälschen. Bei unserer Deduction aus der Anschauung, wo es darauf ankommt alle sonstigen Bewegungsursachen ausser der einen, die man auf die Möglichkeit ihres Verschwindens prüfen will, hinwegzudenken, ist diese Vertauschung erlaubt: in der Natur aber, wo die Bewegungsursachen vielfältig interferiren, wird die Summe der Bewegungsursachen keineswegs durch die Summe der Bewegungen gemessen. In seiner Anwendung kann daher das sechste Axiom nur vollständig erfasst werden, wenn man diese Thatsache der Interferenz der Bewegungsursachen berücksichtigt, und dann ergiebt sich das Vorhandensein solcher Kräfte, die nur Bewegungen zu erzeugen streben, aus der Hinzunahme der vier mittleren Axiome.

Die Existenz potentieller Kräfte ist nun für die weiteren Anwendungen unseres Anschauungsaxioms von grosser Wichtigkeit. Da hiernach eine Ursache kürzere oder längere Zeit gewissermassen latent bleiben kann, bis sie in Wirkung übergeht, so werden wir genöthigt stets nicht bloss die gerade vorhandene oder geschehende Wirkung zu berücksichtigen, sondern diejenige, die nach Massgabe der vorhandenen Ursache überhaupt geschehen kann, wenn erst die Hindernisse beseitigt sind, welche es der Ursache noch unmöglich machen zur Wirksamkeit zu gelangen. Woraus schliessen wir aber auf das Vorhandensein einer solchen Ursache, die gleichsam erst darauf harrt in Wirkung überzugehen? Lediglich aus dem Verschwinden einer vorangegangenen Wirkung. Das Anschauungsaxiom, dass keine Ursache verschwinden oder entstehen kann, wird hier schon vorausgesetzt. Angenommen z. B., ein Körper werde in die Höhe gehoben, so ist dies Erheben zunächst die Wirkung der dazu angewandten, auf eine gewisse Weglänge wirkenden Kraft. Sodann aber ist das Erheben auch Ursache in Bezug auf das Wiederherabfallen, das jederzeit erfolgen kann. Eine und dieselbe Bewegung ist Wirkung in Bezug auf dasjenige was vorhergeht und Ursache in Bezug auf dasjenige was nachfolgt. Es muss daher auch eine Ursache, wenn sie wieder in Wirkung übergeht, die gleiche Wirkung erzeugen, als diejenige ist, aus der sie selber hervorgieng; denn sonst würde Ursache entstanden oder verschwunden sein. Damit sind wir auf das Princip der Vertauschbarkeit von Ursache und Wirkung gekommen. Aus diesem folgt aber, dass wir die Ursache an ihrer Wirkung messen können oder umgekehrt. Es ist hierzu nur er-

forderlich, dass wir den Begriff der Grösse besitzen, welchen wir bei der Messung der Ursachen und Wirkungen in verschiedener Weise anwenden, nämlich zur Messung theils von Weglängen, theils von Geschwindigkeiten, theils von Widerständen. Die Grössenvergleichung von Weglängen entnehmen wir unmittelbar unserer räumlichen Anschauung, zur Grössenvergleichung von Geschwindigkeiten brauchen wir das Weg- und das Zeitmaass. Diese beiden Grössenvorstellungen sind aber die einzigen, welche zur Feststellung des Axioms erforderlich sind. Denn das dritte Grössenmaass, welches in der Mechanik vorkommt, dasjenige des Widerstandes, setzt selbst schon das Axiom voraus. Wenn nämlich in zwei Fällen unter sonst gleichen äusseren Umständen dieselbe Bewegungsursache nicht dieselbe Bewegung erzeugt, so schliessen wir aus dem Satz von der Aequivalenz der Ursachen und Wirkungen auf einen Widerstand, den das Bewegte der auf dasselbe einwirkenden Ursache entgegensetzt.

Die ganze Deduction des Axioms von der Aequivalenz der Ursachen und Wirkungen beruht demgemäss auf dem folgenden zusammengesetzten Process. Zuerst wird das Anschauungsaxiom gebildet, dass keine Bewegungsursache neu entstehen kann, worin, wie bemerkt, zugleich enthalten ist, dass keine verschwinden kann. Sodann wird die Thatsache der Interferenz der Bewegungsursachen hinzugenommen. Es folgt hieraus die Unterscheidung actueller und potentieller Bewegungsursachen oder, wie es sich anders ausdrücken lässt, die Thatsache, dass die zeitliche Trennung zwischen Ursache und Wirkung eine unbestimmt grosse ist. Zieht man nun ferner für Ursache und Wirkung, beide als Phänomene genommen, das Princip der Messbarkeit nach Zeit- und Raumgrössen zu Hülfe, so folgt der Satz, dass Ursache und Wirkung einander äquivalent sind. Was also zur Vollendung dieses Axioms ausser dem oben abgeleiteten Anschauungsaxiom, nach welchem keine Bewegungsursache entstehen oder verschwinden kann, noch hinzukommt, ist, da die Möglichkeit der Interferenz der Bewegungsursachen schon aus der Pluralität derselben folgt, allein das Princip der Messbarkeit nach Zeit- und Raumgrössen. Letztere ist aber eine unmittelbare Thatsache der inneren und äusseren Form unserer Anschauung, da Zeit und Raum an und für sich in Theile zerfallen, die mit einander vergleichbar d. h. messbar sind. Auch dieses Axiom ist daher vollständig aus einer anschaulichen Gewissheit auf Grund des Causalgesetzes abgeleitet.

VII. Zusammenhang der Axiome.

Wir haben versucht, jedes der sechs Axiome so unabhängig von den andern darzustellen, als es möglich war. Aber schon im Verlauf unserer Erörterungen stiessen wir aller Orten auf die Spuren eines Zusammenhangs, den wir jetzt näher verfolgen wollen.

Ihrer Form nach sind die drei letzten Axiome allgemeiner als das zweite und dritte, da jene die Beschaffenheit der Ursachen in der Natur anscheinend unbestimmt lassen. Dennoch überzeugt uns eine nähere Erwägung, dass diese Unbestimmtheit lediglich im Ausdrucke liegt, uud dass die Axiome eine physikalische Bedeutung nur unter der Voraussetzung haben können, dass alle Ursachen Bewegungsursachen sind. Sobald wir z. B. annehmen, dass eine Wirkung in einer rein qualitativen Veränderung bestehe, so wird das Verharren der Wirkung zu einem blossen Spiel unserer Vorstellungen. Die Wirkung verharrt dann, weil sie in unserm Bewusstsein in einem Wechsel von Vorstellungen mit gegenseitiger Beziehung besteht. Nehmen wir an, es wirkten eine Reihe von Ursachen A, B, C, D nach einander auf einen Körper ein, und jede derselben bringe eine bestimmte qualitative Veränderung hervor, so wird, nachdem die Ursache D eingewirkt hat, der Körper in einen Zustand versetzt sein, der nicht bloss von D, sondern auch von A, B, C abhängt. Dennoch würde ich, wenn mir der Körper selber vor der Veränderung und die Reihe der Ursachen A, B, C, D einzeln gegeben wären, nicht im Stande sein, die Wirkung dieser Ursachen vorauszubestimmen, weil eine Summirung qualitativ verschiedener Grössen unmöglich ist. Objectiv vorstellbar wird uns das Verharren einer Wirkung nur, wenn wir successive Wirkungen summiren können, und dies ist der Fall, sobald die Wirkungen Bewegungen oder ein Streben nach Bewegung sind. Ein Verharren der Wirkung, welches nicht

objectiv dargestellt werden kann, bleibt ein leerer Schein der sinnlichen Vorstellung, der entweder gar nichts über das wirkliche Geschehen aussagt oder höchstens dasselbe andeutet. Hieraus folgt, dass das vierte Axiom, obgleich ganz allgemein in seinem Ausdruck, dennoch das erste voraussetzt. Es ist leicht ersichtlich, dass aus ganz denselben Gründen auch das fünfte und sechste Axiom nur auf Bewegungsursachen sich beziehen können.

Das zweite bildet einen Corollarsatz zu dem ersten Axiom. Es ist aber in diesem noch nicht enthalten, sondern zu seiner Ableitung muss von neuem die Anschauung zu Hülfe gerufen werden. Aehnlich bildet dann das dritte eine Ergänzung zu dem zweiten Axiom. Nachdem im ersten Axiom festgestellt ist, dass es nur Bewegungsursachen giebt, sagt das zweite aus, dass die Bewegungsursachen ausserhalb des Bewegten liegen müssen, und das dritte bestimmt dann, dass die Wirkung dieser ausserhalb liegenden Bewegungsursachen eine geradlinige sei. Das fünfte Axiom, von der Wirkung und Gegenwirkung, stützt sich in seinem qualitativen Theil auf die drei ersten, insbesondere aber auf das dritte, indem es gar keine neue Anschauung erfordert, sondern aus derselben Anschauung, welche die Aufstellung des dritten Axioms möglich machte, mit abgeleitet werden kann. Dadurch kommt es, dass das fünfte aus dem dritten Axiom oder umgekehrt das dritte aus dem fünften auch unmittelbar durch Aufzeigung der Widersprüche, zu welchen die gegentheilige Annahme führen würde, entwickelt werden kann. Nehmen wir an, das Princip der Wirkung und Gegenwirkung sei gültig für zwei Punkte, die rotirende Kräfte auf einander ausüben, so würden in jedem Moment die beiden Punkte sich in entgegengesetztem Sinne gegen einander drehen müssen. Wenn diese Drehungen in jedem unendlich kleinen Zeittheil gleich viel betragen, so bleiben die Punkte stets in derselben Entfernung von einander und bewegen sich auf parallelen Linien weiter. Die beiden Punkte würden sich also wie ein einziger Punkt verhalten, der sich gegen einen dritten Punkt hinbewegte. Sobald wir demnach das Princip der Gleichheit von Wirkung und Gegenwirkung auf rotirende Kräfte übertragen, müssen wir nothwendig die Vorstellung der rotirenden Bewegung fallen lassen und kommen wieder auf die geradlinige Bewegung zurück.

Das sechste Axiom steht mit den drei ersten im innigsten Zusammenhang. Es setzt voraus, dass alle Ursachen Bewegungsursachen sind. Sein anschaulicher Beweis gründet sich dann auf

das zweite Axiom, und es lässt sich leicht der Nachweis liefern, dass, sobald wir die in jenen Axiomen ausgesprochenen Sätze aufheben, auch die Constanz der Bewegungsursachen nicht nur unbeweisbar, sondern sogar undenkbar wird. Nehmen wir z. B. entgegen dem dritten Axiom an, es gebe rotirende Kräfte. Stellen wir uns vor, ein Körper bewege sich um einen andern, der die rotirende Wirkung ausübt, im Kreise, und derselbe treffe auf seiner Bahn an beliebigen Stellen auf andere Körper, so wird er diese in der Richtung der Tangente des Kreises fortschleudern; er selbst wird aber durch die fortdauernde Wirkung des Körpers, um den er sich bewegt, die bei dem Stoss erlittene lebendige Kraft wieder ersetzt erhalten, und seine Geschwindigkeit wird durch die gleichförmige Wirkung seines Centralkörpers immerfort wachsen. Ein solches System könnte also ins unbegrenzte aus sich heraus Kraft erzeugen und nach aussen abgeben, vorausgesetzt, dass man nicht auch das Axiom von dem Beharren der Wirkung beseitigen wollte. Eine Constanz der Bewegungsursachen würde bei rotirenden Kräften nur dann existiren, wenn man gerade das Gegentheil dieses Axioms, ein Verschwinden der Wirkung mit dem Verschwinden der Ursache, annehmen wollte. Man sieht hieraus, dass es wohl nicht so ganz ohne Ueberlegung geschah, wenn Kepler das Axiom von dem Beharren der Wirkung für durchaus unvereinbar mit den astronomischen Erscheinungen hielt. So lange man, wie er, diese Erscheinungen auf rotirende Kräfte zurückführte, was nach der unmittelbaren Beobachtung das natürlichste war, konnte man unmöglich ein Beharren der Wirkung voraussetzen; und es ist daher kein Zweifel, dass erst der Widerspruch mit den Fallgesetzen die richtige Deutung der astronomischen Erscheinungen ermöglicht hat.

Das sechste Axiom hat die verwickeltste Bildung. Seine Zusammenhänge erstrecken sich auf die Gesammtheit der übrigen Axiome: mit den vier ersten ist es verknüpft durch seinen Beweis aus der Anschauung, das vierte namentlich ergiebt sich bei seiner Ableitung als eine unerlässliche Voraussetzung. Anderseits bildet dann aber der Satz von der Aequivalenz der Ursache und Wirkung die Voraussetzung zu dem vierten und fünften Axiom, insofern in diesen quantitative Bestimmungen enthalten sind.

Wir können die sämmtlichen sechs Axiome in zwei Gruppen scheiden. Die erste Gruppe enthält die Bestimmungen über das Quale der Ursachen in der Natur, die zweite Gruppe fügt dem die allgemeinsten quantitativen Bestimmungen hinzu. Als rein

quantitatives Axiom kann aber nur das sechste gelten, während das vierte und fünfte in einen qualitativen und in einen quantitativen Bestandtheil zerlegt werden können, von denen der letztere entweder selbständig auf dieselbe Weise wie beim sechsten Axiom oder aus dem sechsten Axiom zu deduciren ist. Jedes Axiom der ersten Gruppe setzt die sämmtlichen vorangegangenen voraus, ohne aber in diesen schon enthalten zu sein. Die Axiome der zweiten Gruppe bilden Corollarsätze zu einem oder einigen Axiomen der ersten Gruppe, indem sie aus denselben unter Hinzunahme des Maassbegriffs vollständig gefolgert werden können. Sämmtliche Axiome der ersten Gruppe gründen sich ausschliesslich auf die anschauliche Gewissheit und auf das Causalgesetz. Sämmtliche Axiome der zweiten Gruppe gründen sich nicht bloss auf die anschauliche Gewissheit und auf das Causalgesetz, sondern sie setzen ausserdem die Messung nach Raum und Zeit als Bedingung voraus.

Erste Gruppe.	Zweite Gruppe.
Axiom von der Zurückführung aller Ursachen auf Bewegungsursachen	Axiom von dem Beharren der Wirkung
Axiom von der Verlegung der Bewegungsursache ausserhalb des Bewegten	Axiom von der Gleichheit der Wirkung und Gegenwirkung
Axiom von der geradlinigen Wirkung der Bewegungsursachen.	Axiom von der Aequivalenz der Ursachen und Wirkungen.

In dieser Tafel ist sonach ein doppelter Zusammenhang bemerkenswerth. In der Reihe links setzt jedes folgende Axiom das vorangegangene voraus, in der Reihe rechts können die beiden ersten (das vierte und fünfte Axiom) in ihrem qualitativen Inhalt unmittelbar aus den ihnen gegenüberstehenden abgeleitet und dann in Bezug auf ihre quantitative Bestimmung durch Hinzunahme des sechsten Axioms ergänzt werden. Das letztere hängt durch seine directe Herleitung (durch das Anschauungsaxiom für die Constanz der Bewegungsursachen) mit dem anschaulichen Beweis für das erste und zweite Axiom zusammen; aus dem dritten kann es indirect, durch Aufzeigung der Wider-

sprüche, zu denen eine gegentheilige Annahme führt, gefolgert werden.

Aus diesem Zusammenhang der Axiome der zweiten mit denjenigen der ersten Gruppe wird es erklärlich, dass für jene keine anschauliche Gewissheit besonderer Art existirt. Unter den Axiomen der ersten Gruppe entspricht dagegen einem jeden ein besonderes Axiom der Anschauung. Die so sich ergebenden drei Axiome der Anschauung sind folgende:

1) Die einzig vorstellbare Veränderung, die auf Objecte aussersalb des Vorstellenden bezogen werden kann, ist die Ortsveränderung. 2) Ein isolirter Punkt in der Anschauung kann nicht bewegt vorgestellt werden. 3) Zwei allein in der Anschauung gegebene Punkte können nur ihre geradlinige Entfernung ändern.

Homount
Pamphlet
Binders
Gaylord Bros. Inc.
Makers
Syracuse, N. Y.

UNIVERSITY OF ILLINOIS-URBANA

3 0112 115416700